

FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année 1961 — N° 226

ÉTUDE CRITIQUE
DES TECHNIQUES
DE MESURE DE L'AUDITION
CHEZ L'ENFANT

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le 28 Novembre 1961

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Jean-Pierre PRELOT

Ancien Externe des Hôpitaux de Lyon

Né le 13 Août 1930, à St-HIPPOLYTE-SUR-LE-DOUBS (Doubs)



LYON

Imprimerie BOSC Frères
42, quai Gailleton, 42

—
1961

**ÉTUDE CRITIQUE
DES TECHNIQUES DE MESURE DE L'AUDITION
CHEZ L'ENFANT**



Digitized by the Internet Archive
in 2026

ÉTUDE CRITIQUE
DES TECHNIQUES
DE MESURE DE L'AUDITION
CHEZ L'ENFANT

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le 28 Novembre 1961

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Jean-Pierre PRELOT

Ancien Externe des Hôpitaux de Lyon

Né le 13 Août 1930, à St-HIPPOLYTE-SUR-LE-DOUBS (Doubs)



LYON

Imprimerie BOSC Frères

42, quai Gailleton, 42

—
1961

FACULTE MIXTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

PERSONNEL DE LA FACULTE

Doyen Honoraire	M. J. LEPINE.
Doyen	M. H. HERMANN, Correspondant de l'Institut.
Assesseur	M. M. LEVRAT.

Professeurs Honoraires : MM. COLLET, GUIART, PATEL, LEPINE, TRILLAT, MOURIQUAND, MAZEL, GARIN, GATE, MARTIN, GABRIELLE, SANTY.

PROFESSEURS

Physiologie	MM. HERMANN.	Botanique et cryptogamie	MM. NETIEN.
Clinique urologique	CIBERT	Clinique chirurgicale C	BERTRAND.
Physique biologique	PONTHUS (dét. à Beyrouth).	Chimie analytique pharmaceu- tique	BADINAND.
Clinique neuro-psychiatrique et hygiène mentale	DECHAUME.	Pharmacie et Pharmacologie .	DREYON.
Thérapeutique chirurgicale et chirurgie opératoire	ROCHET.	Médecine légale et déontologie	ROCHE.
Chimie organique et toxicologie	CHAMBON.	Parasitologie et pathologie exotique	COUDERT.
Clinique chirurgicale B	WERTHEIMER.	Clinique oto-rhino-laryngologi- que	MOUNIER-KUHN
Clinique médicale B	PAUPERT.	Clinique ophtalmologique	PAUFIQUE.
Clinique et prophylaxie cardio- vasculaires	RAVAULT.	Clinique de dermatologie, sy- philigraphie et allergologie.	THIERS.
Clinique médicale C	FROMENT.	Clinique de pneumo-phthisiolo- gie	BRUN.
Chimie biologique et médicale	CROIZAT.	Clinique traumatologique des membres	CREYSEL Jean.
Clinique chirurgicale A	ENSELME.	Cancérologie	DARGENT.
Clinique chirurgie orthopédique et de chirurgie infantile ..	MALLET-GUY.	Anatomie pathologique	GUICHARD.
Pharmacie galénique et ma- tière médicale	GUILLEMINE.	Pathologie générale et expéri- mentale	GIRARD Paul.
Clinique gynécologique	REVOL.	Anatomie	LATARJET.
Clinique obstétricale	POLLOSSON.	Pathologie chirurgicale	PEYCELON.
Médecine du travail	PIGEAUD.	Thérapeutique	GIRARD Marcel.
Clinique médicale A	BOURRET.	Pathologie médicale	VACHON.
Hygiène et action sanitaire et sociale	LEVRAT.	Physio-pathologie des voies respiratoires	GALY.
Clinique stomatologique	SOHIER.	Histologie	KEHL.
Clinique médicale et hygiène du premier âge	DUCLOS.	Radiologie	PAPILLON.
Biologie médicale et pharma- codynamie	BERNHEIM.	Clinique des maladies infec- tieuses	JEUNE.
	JOURDAN.	Hydrologie thérapeutique, cli- matologie et écologie sociale	GONIN.
		Bactériologie	MONNET.

PROFESSEURS A TITRE PERSONNEL

Physique nucléaire appllquée à la médecine	MM. BERGER.
Technologie pharmaceutique	DORCHE.

PROFESSEURS TITULAIRES SANS CHAIRE

Obstétrique	MM. BANSILLON.	Physiologie	MM. CIER J.-François.
Parasitologie	ROMAN.	Physiologie	CHATONNET.
Bactériologie	BERTOYE.	Pharmacie et pharmacologie .	CHIER André.
		Chimie organique et toxicologie	PERROT Louis.

MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

Anatomie pathologique	MM. FEROLDI.	Histologie	MM. DUMONT L.-P.
Chimie biologique et médicale	CREYSEL Roger.	Parasitologie	GARIN J.-Paul.
Anatomie	DUROUX Emile.	Physique	MORET Robert.
Thérapeutique	BRETTE René.	Botanique et cryptogamie ...	ODDOUX Lucien
Hygiène	THIVOLET J.		

AGREGES EN EXERCICE

Neuro-chirurgie	MM. LECUIRE.	Stomatologie	MM. FREIDEL Ch.
Obstétrique	MATHIEU J.	Médecine générale	PLAUCHU M.
Orthopédie	MARION Joseph.	Médecine générale	TRAEGER Jules.
Propédeutique médicale	PONT Maurice.	Pathologie médicale	DEVIC Michel.
Pathologie médicale	VIGNON G.	Médecine légale	COLIN Marcel.
Pathologie médicale	REVOL Louis.	Neurologie	GUYOTAT Jean.
Pathologie chirurgicale	LAUBERT	Obstétrique	DUMONT M.
Pathologie chirurgicale	de BEAUJEU	Urologie	DURAND L.-N.
Obstétrique	GUILLERMIN G.	Chirurgie générale	de MOURGUES G
Pédiatrie, Puériculture	BURTHIAULT R.	Médecine générale	FRANCILLON J.
Médecine générale	FRANÇOIS René.	Chirurgie générale	TOLOT François.
Pathologie chirurgicale	GUINET Paul.	Médecine du travail	SAUBIER E.
Chirurgie générale	SAUTOT Jean.	Chirurgie générale	COLOMB Daniel.
Chirurgie générale	MARION Pierre.	Dermatologie	SCHOTT B.
O.R.L.	MICHAUD Pierre	Neurologie, Psychiatrie	BONAMOUR G.
	GIGNOUX M.	Ophtalmologie	



EXAMINATEURS DE LA THESE :

Président : M. MOUNIER-KUHN ; Assesseurs : MM. GIGNOUX, SCHOTT et LARBRE

La Faculté de Médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner ni approbation, ni improbation.

A MES PARENTS

A TOUS LES MIENS

A JANINE

A MES AMIS

A NOTRE MAITRE ET PRESIDENT DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR PIERRE MOUNIER-KUHN

Au cours des années que nous avons passées dans son Service, nous avons bénéficié de son enseignement magistral. Sa grande culture médicale, ses talents opératoires prestigieux ont toujours suscité notre admiration. L'élégance avec laquelle il joue son rôle de Chef d'Ecole nous a particulièrement impressionné.

Nous avons été très sensible à l'accueil qu'il nous a constamment réservé et aux patients encouragements qu'il nous a prodigués avec délicatesse et bonté. C'est grâce à lui que nous avons pu mener à bien ce travail.

Nous lui exprimons nos remerciements et nous l'assurons de notre attachement.

A NOS JUGES

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ MARCEL GIGNOUX

A notre grand regret, nous n'avons pas pu bénéficier plus souvent de l'ambiance amicale et détendue qui règne dans son service de l'Antiquaille. Il nous y a toujours reçu chaleureusement. Son calme et sa maîtrise opératoire ont été un modèle pour nous. Son sourire, qui teinte d'un brin d'ironie une attitude profondément humaine, nous a beaucoup plu.

Nous le remercions d'avoir accepté de juger notre travail.

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ BERNARD SCHOTT

Nous avons eu l'occasion, pendant notre externat, d'apprécier son grand talent de clinicien et son contact toujours agréable.

Il a bien voulu s'intéresser à ce travail et nous le remercions très sincèrement.

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ FRANÇOIS LARBRE

Nous connaissons sa réputation d'homme infiniment savant et de clinicien plein de sagesse.

C'est un grand honneur pour nous de le voir parmi nos juges. Nous l'en remercions.

A NOS MAÎTRES DANS LES HÔPITAUX

Externat :

MONSIEUR LE DOCTEUR CLAVEL (in memoriam)

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ LABRY

MONSIEUR LE PROFESSEUR DECHAUME

MONSIEUR LE PROFESSEUR THIERS

MONSIEUR LE PROFESSEUR LEVRAT

MONSIEUR LE PROFESSEUR FROMENT

A NOS CONFÉRENCIERS D'EXTERNAT

MONSIEUR LE DOCTEUR LEHMANN

MONSIEUR LE DOCTEUR SCHNEPP

A MONSIEUR LE PROFESSEUR R. MAYOUX (in memorian)

C'est à lui que nous devons notre orientation dans la spécialité otorhino-laryngologique. Il était pour nous plus qu'un maître : un ami.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ J. GAILLARD

Nous aimons son dynamisme et ses qualités de cœur. Nous avons apprécié la clarté de son enseignement et la brillante facture de ses gestes opératoires. Nous lui exprimons notre attachement.

A MONSIEUR LE DOCTEUR H. MARTIN

Entre ses mains, la chirurgie la plus délicate est un jeu. Tout dans sa personne respire l'intelligence.

Nous le remercions respectueusement de l'accueil que toujours il nous a réservé.

A MONSIEUR LE DOCTEUR J.-P. REBATTU

A MONSIEUR LE DOCTEUR P. MEREAUD

A MONSIEUR LE DOCTEUR H. LAFON

A MESSIEURS LES DOCTEURS J. BONNEFOY, H. TAKIZAWA,
A. PERSILLON, J. FONTVIEILLE, H. CAJGFINGER,
C. BAPTISTE, J.-P. HAGUENAUER, G. CORNUT, A. MORGON,
R. CHARACHON, M. TASSIN.

AU DOCTEUR J.-C. LAFON

Une dédicace ne peut traduire les
sentiments que j'éprouve à son égard.
Je le remercie pour tout ce qu'il a
fait pour moi.

A NOS CAMARADES
DE L'INSTITUT AUDIO-PHONOLOGIQUE

A MON AMI LE DOCTEUR JACQUES COSNIER

INTRODUCTION

Il est indispensable, en clinique, de pouvoir évaluer d'une façon précise l'état de la fonction auditive de l'enfant. En effet, de nombreux enfants présentent un retard plus ou moins grand dans l'acquisition de leur langue maternelle, parfois même une absence de langage. Tout retard dans cette acquisition peut nuire d'une façon définitive au développement normal de l'intelligence et de l'affectivité et faire de l'enfant un être inadapté au monde où il doit vivre.

Aussi le diagnostic des causes qui sont responsables de ces retards linguistiques, est-il l'élément capital qui doit permettre l'orientation des différents cas et leur réadaptation spécifique. Ce diagnostic est une opération complexe comportant des investigations multiples qui dépendent de plusieurs techniciens spécialisés.

L'évaluation de l'état de la fonction auditive de ces enfants est une étape importante dans cette série d'examens. Importante et pourtant encore relativement méconnue, car si tout le monde connaît l'incidence des surdités congénitales graves sur le développement du langage, il n'en est pas de même des déficits plus modestes de l'acuité auditive qui passent longtemps inaperçus chez un enfant présentant uniquement un léger trouble de l'articulation ou un retard scolaire simple. A plus forte raison les troubles de la fonction intégrative auditive sont ignorés et pourtant sont souvent en cause dans certains retards linguistiques ou certains troubles de l'acquisition du langage écrit.

Aussi ne saurions-nous trop hésiter en tête de cette étude, sur la nécessité, pour l'audiologiste, de bien connaître toutes les possibilités et les limites des différents tests explorant la fonction auditive de l'enfant.

D'une manière générale, on peut dire que, malgré les apparences l'exploration fonctionnelle de l'audition de l'enfant est difficile. La précocité du diagnostic est essentielle. Or, la difficulté est plus grande dans le très jeune âge. L'application analogique des techniques audiométriques de l'adulte à l'enfant s'avère souvent impossible. Aussi les chercheurs ont-ils été amené à imaginer des tests spécifiques. Il faut tenir compte d'un grand nombre de facteurs particuliers à l'enfant normal d'une part, et d'autre part à l'enfant plus ou moins retardé de langage qui est le candidat électif pour ces tests. Difficulté de compréhension des consignes verbales, difficulté d'expression motrice ou linguistique sont les problèmes essentiels. Accessoirement interviennent l'émotivité qui conditionne la peur ou l'inhibition et la réactivité particulière de l'enfant au monde : indifférence, agitation, instabilité, fatigabilité.

Pour éliminer ces facteurs, de nombreuses méthodes sont nées de l'imagination des chercheurs. L'objet de ce travail sera d'examiner les principaux tests dont dispose le clinicien, et d'essayer de déterminer, pour chacun, la validité des principes sur lesquels ils reposent, leur valeur pratique et les limites de leur utilisation. Nous essayerons de préciser le niveau de la fonction auditive électivement exploré par chaque test.

Enfin en conclusion, nous tenterons de donner quelques directives pour l'utilisation pratique des meilleurs tests selon les différents cas cliniques rencontrés.

CHAPITRE I

RAPPEL PSYCHO-PHYSIOLOGIQUE

Toute tentative pour mesurer l'audition d'un sujet revient en fin de compte, comme toute mesure, à une comparaison : comparaison pour une épreuve donnée entre le comportement du sujet et le comportement statistique moyen de sujets considérés comme normaux, tous les autres facteurs étant supposés égaux.

Il est donc indispensable, avant d'examiner chacun des tests, de rappeler quelques notions élémentaires relatives aux principales étapes du développement de la fonction auditive perceptive et linguistique expressive. Il faut de même rappeler les connaissances essentielles que nous avons de la physiologie de la fonction auditive constituée. Ceci nous permet en conséquence de déterminer les critères théoriques de valeur de toutes les méthodes d'exploration de cette fonction.

I. — LES ÉTAPES DU DÉVELOPPEMENT DES FONCTIONS AUDITIVES ET LINGUISTIQUES

Elles s'inscrivent dans l'ensemble du développement psychophysiologique de l'enfant. Nous retraçons assez schématiquement ces différents stades en nous fondant sur les études de Gesell (1934), de Charlotte Bühler (1932), de I. et A. Ewing (1944), de Dorothy Mac Carthy (1946) et de Irwin (1948). D'une manière générale on peut dire que les étapes du développement des fonctions auditives et linguistiques sont liées à la maturation progressive des structures neurologiques. D'autre part le développement de la fonction linguistique perceptive et expressive est secondaire et indissolublement lié au développement de la

fonction auditive. C'est donc pour la commodité de l'exposé que nous les séparerons plus ou moins. Enfin les étapes sont assez variables selon les sujets et leur isolement est un peu artificiel.

LES PREMIÈRES RÉACTIONS OBSERVÉES CHEZ LE NOURRISSON sont des réactions motrices hypertoniques et généralisées non spécifiques de l'excitant auditif. Un stimulus sonore, s'il est intense (100-110 db) provoque une réaction musculaire généralisée de même que des réactions végétatives, pupillaires (contraction suivie de dilatation), respiratoires et cardiaques (modifications des rythmes). *Le réflexe cochléo-palpébral* est un élément de la réponse musculaire généralisée mais il semble se produire plus régulièrement à une intensité sonore plus faible que celle nécessaire à la production du *réflexe cochléo-musculaire généralisé*. D'ailleurs, ultérieurement il persistera à peu près seul en tant que réponse musculaire non spécifique.

Rapidement apparaissent des réactions plus limitées en réponse à des stimuli sonores moins intenses.

AINSI VERS DEUX MOIS on peut observer, par exemple, en réponse à la voix humaine, une immobilisation de l'enfant ou un changement de l'expression de son visage. En réponse aux bruits de biberon, on peut voir parfois des mouvements de succion ou une orientation vers la source de ce bruit.

VERS TROIS OU QUATRE MOIS la réaction d'orientation-investigation devient nette soit à la voix d'intensité moyenne, soit à un son imprévu assez intense.

VERS CINQ MOIS commencent à apparaître des réactions indiquant un début de différenciation : un gazouillis en réponse à la voix ou un geste significatif.

VERS SEPT MOIS la localisation au son est bien établie ; un grand nombre d'enfants se tournent vers la source sonore et cette réaction peut déjà être l'objet d'un apprentissage qui la transforme en réponse conditionnelle. Si ce bruit est significatif, le conditionnement est naturel et la réaction se produit pour des bruits d'intensité faible. A ce moment les capacités de différenciation apparaissent : l'enfant distingue la voix de sa mère de celle des autres personnes, il peut distinguer le ton de voix amical du ton de voix désapprouvateur.

VERS HUIT OU NEUF MOIS la différenciation s'est accrue et l'enfant fait attention à quelques mots et y réagit : à son nom par exemple ; il semble accorder plus d'intérêt à certains mots qu'à d'autres : il s'anime si l'on parle de repas ou de promenade.

VERS DIX MOIS il comprend une défense exprimée par le mot « non » et s'arrête sur ordre.

VERS DOUZE MOIS il comprend les ordres verbaux simples tels que : « donne à maman ».

LE LANGAGE SE DÉVELOPPE PARALLÈLEMENT AUX ACQUISITIONS PERCEPTIVO-MOTRICES. — Pendant les neuf premiers mois de sa vie l'enfant est *au stade pré-linguistique*. Son activité vocale faite de cris, de gazouillis, de pleurs, est une activité réflexe spontanée accompagnant la respiration, la déglutition, le hoquet, etc... Aucun son particulier n'est associé à une situation spécifique. Cette activité pré-linguistique sans signification n'est pas une activité produite par imitation. La structure « phonétique » du babil est complexe ; l'étude américaine de Irwin montre l'évolution du rapport « consonnes » - « voyelles » ; il varie de 0,25 à 2 mois jusqu'à 1 à 30 mois. Les « phonèmes » qu'on y trouve n'ont pas la signification des phonèmes du langage. Il serait pourtant raisonnable de croire que l'enfant tire les phonèmes dont il a besoin du répertoire étendu de son babillage, mais il n'en est rien, il ne peut en utiliser spontanément les éléments acoustiques comme phonèmes de la langue.

La convergence entre le développement du babil et le développement de la fonction perceptive auditive permet à l'enfant de se représenter le son en tant que partie du mot. La manifestation de cette convergence est l'apparition *de l'imitation*. Cette tendance à répondre sous forme d'écho à la voix des autres ou à la sienne est expliquée par une réaction circulaire audio-phonatoire. Dès que cette réaction joue, l'enfant peut commencer à apprendre les mots en les répétant après ses parents. Le moment où apparaissent *les premiers mots* n'est pas facile à saisir avec exactitude. En moyenne, on admet qu'ils apparaissent *vers 9 à 10 mois*. Ces premiers mots sont des monosyllabes doubles comme *mama*, *dada*, qui sont utilisées comme phrases avec un accompagnement de gestes ou des intonations diverses selon les situations. Leur fonction prin-

cipale est l'expression d'une relation émotionnelle entre l'enfant et les objets ; secondairement seulement ils désignent les objets eux-mêmes.

Un fait important est à signaler : l'enfant comprend le langage avant d'être capable de l'employer. La constitution du langage intérieur est nécessaire et pré-existante à la constitution du langage expressif. L'écart entre les deux est variable selon les enfants.

Le développement ultérieur du langage doit être envisagé sous différents aspects : un aspect quantitatif, acquisition progressive du vocabulaire, et un aspect qualitatif, acquisition des notions syntaxiques et grammaticales. Enfin, il existe un aspect strictement phonétique, acquisition progressive des phonèmes corrects de la langue.

Au fur et à mesure de l'enrichissement du vocabulaire, d'ailleurs difficilement chiffrable de façon précise, les critères des tests de vocabulaire étant très divers, les mots sont juxtaposés pour produire des ébauches de phrases, d'abord de deux mots seulement.

AINSI VERS VINGT ET UN MOIS, selon Smith (1926), cent dix-huit mots sont connus, les phrases sont faites de deux mots groupés qui sont des substantifs.

VERS VINGT-QUATRE MOIS, selon Smith, deux cent soixante-douze mots sont connus, les phrases commencent à être de trois mots, plusieurs verbes et adjectifs sont acquis, les pronoms commencent à être utilisés.

VERS TRENTE MOIS, les phrases ont trois mots et demi en moyenne (Mac Carthy, 1930), quatre cent quarante-six mots sont connus (Smith). Quatre-vingt-neuf pour cent du discours est compréhensible.

Puis, l'enfant se met à utiliser correctement les pronoms personnels : je, me, moi. Cette prise de conscience de sa personnalité est un phénomène capital dans son histoire.

VERS TROIS ANS des mots abstraits apparaissent dans le langage. « L'acquisition de ce genre de substantifs ouvre la phase de la pensée conceptuelle » (Pichon). Les phrases deviennent plus élaborées et comprennent des subordonnées.

Ultérieurement le langage se perfectionne progressivement sans qu'il soit possible de chiffrer des performances précises

selon l'âge tant du point de vue quantitatif (vocabulaire) que qualitatif (perfection des constructions linguistiques). L'arrivée à l'âge scolaire marque le début de l'acquisition d'un nouveau symbolisme, faisant correspondre au langage parlé, des formes graphiques. Ceci permet à l'enfant de préciser, de perfectionner son langage ce qui se poursuit d'ailleurs jusqu'à un âge plus ou moins avancé selon la durée de l'apprentissage culturel.

Si l'on aborde enfin le problème de l'*acquisition des phonèmes* par l'enfant il est indispensable de faire la différence entre ce qui est simplement une forme acoustique, une modulation émise plus ou moins spontanément et ce qui est symbolisé, donc phonème.

Classiquement, par exemple, le /r/ uvulaire est un des premiers phonèmes à apparaître, mais en réalité, le jeu mélodique du « r » chez le tout petit enfant n'a aucune valeur symbolique ; quant au phonème /r/ d'une structure acoustique très particulière il apparaît beaucoup plus tardivement. On peut établir un parallèle entre la rapidité d'acquisition d'un phonème et la fréquence de son occurrence dans le langage parlé. C'est ainsi que le /a/, l'un des plus fréquents, est aussi un des premiers à apparaître. Par contre le /gn/ beaucoup plus rare est très tardif. Cette loi est tempérée par la proximité articulaire d'une part et, par la difficulté acoustique d'autre part : par exemple, confusion du /j/ et du /z/, la distinction n'apparaissant parfois qu'à l'âge scolaire avec le symbole graphique ; difficulté d'isolement du /t/ qui apparaît en opposition avec /p/ et /q/ dont la distinction est plus facile. D'une façon générale les phonèmes à représentation énergétique importante comme les voyelles sont symbolisés avant les phonèmes pauvres. Enfin, les distinctions visibles par lecture labiale apportent un élément de symbolisation ; ce double conditionnement visuel et auditif rend en effet plus facile leur individualisation.

II. — LES BASES PHYSIOLOGIQUES DE LA FONCTION AUDITIVE

Dans la transmission du message auditif on note deux frontières, dont les caractères sont d'ailleurs mal connus, qui séparent la fonction en trois systèmes aux lois bien différentes : système acoustique, système neuro-physiologique, système psycho-linguistique.

1° Oreille et acoustique.

L'oreille moyenne est un transformateur d'énergie compensant la perte d'intensité que subit le message sonore au passage direct air-cochlée. La transformation est sensiblement linéaire dans certaines limites.

La cochlée par contre, est un résonateur complexe asymétrique. Complexe par la nature des vibrations acoustiques dont elle est le siège (sons résultants) mais également par la texture du récepteur neuro-épithélial distribué tout le long de la membrane basilaire. L'intensité donne sur cette membrane une résultante caractérisée par un déplacement (espace) et une durée (temps). La fréquence devient une fonction de l'espace par sa localisation partiellement spécifique sur la membrane basilaire. Le son, phénomène acoustique, prend fin à ce niveau ; ses paramètres se trouvent transformés en espace (déplacement de certaines zones de la basilaire) et en durée qui ne sont pas la traduction littérale d'un paramètre acoustique précis.

A partir de la *cellule sensorielle* les termes de fréquence et intensité n'ont plus de réalité. Si nous les utilisons c'est en sous-entendant le terme sensation (sensation fréquentielle, sensation d'intensité). La connaissance que nous en avons n'est que celle des mouvements de la membrane basilaire provoqués par le son.

Aussi les déformations acoustiques du message ne pourront-elles pas se situer au-delà de l'organe de Corti.

2° Voies nerveuses et potentiels évoqués.

Les mouvements de la membrane basilaire paraissent se traduire par une augmentation des pulsations des fibres nerveuses du nerf auditif en relation avec la région excitée. Ces potentiels évoqués par le son présentent deux aspects suivant le mode de prélèvement expérimental :

- effets d'ouverture et de fermeture (avec des macro-électrodes) correspondant à la mise en vibration et à son arrêt.
- pulsations régulières plus ou moins rapides d'une fibre durant toute l'excitation (micro-électrodes).

Les potentiels peuvent suivre *deux voies* : la *voie auditive spécifique*, la *voie extra-auditive non spécifique*. Cette dernière entre probablement en jeu lorsqu'une certaine quantité de potentiels évoqués est émise, donc aux effets d'ouverture et de fermeture ou bien quand une intensité acoustique importante ébranle fortement une large portion de la membrane basilaire. La voie non spécifique diffuse en particulier vers les zones réticulées à partir des noyaux bulbo-protubérantiels et vers les centres végétatifs. Cette diffusion peut apparaître par conditionnement à des intensités moindres mais le cortex est alors nécessaire pour obtenir ce passage.

Dans les voies spécifiques les messages sont soumis à des fluctuations indépendantes de l'intensité acoustique, suivant l'intérêt du message par rapport aux autres afférences sensorielles ou au travail de la pensée, les potentiels évoqués peuvent être amplifiés (facilitation) ou au contraire diminués (inhibition). Ces variations sont étroitement liées au fonctionnement cortical.

Lorsque le message n'a guère de signification, sa répétition provoque une inhibition le long des voies auditives, phénomène appelé *habituation*. On ne perçoit plus un phénomène auquel on est habitué, bien que le message parvienne toujours avec la même intensité au niveau des cellules réceptrices de l'organe de Corti.

3° Identification symbolique.

Si par contre l'image du message évoque une autre image dont on a déjà pris conscience par conditionnement, il se produit une identification. Celle-ci se fait par opposition à d'autres images semblables mais différemment conditionnées et ayant une signification différente. Ce mécanisme relève de l'intégration et correspond à une fonction gnosique. Il se produit un triage entre les formes significatives et non significatives, qui est à la base de la compréhension. Le choix dépend de deux facteurs : d'une part du rapport de la quantité d'information valable contenue dans le message transmis et du nombre des éléments non significatifs, d'autre part des qualités psychologiques du sujet (mémoire, attention, structuration).

La découverte de la structure du message aboutit à la reconnaissance d'une image, puis à la prise de conscience d'une forme abstraite symbolique. Elle relève des possibilités d'abstraction primaire où classiquement commence seulement le phénomène gnosique.

Pour le langage cette symbolisation a pour unité le phonème ou plus exactement le mouvement phonétique appliqué au phonème-symbole.

Avec la symbolisation nous quittons l'intégration auditive pour entrer dans les activités psychologiques, psycho-linguistiques pour le langage.

4° Psycho-linguistique.

Les formes symboliques sont groupées en ensembles fonctionnels permettant l'élaboration des concepts. L'unité de base de ces ensembles conceptuels bien particuliers peut être représentée par le mot. On y distingue deux fonctions : le sens (sémantique) et l'agencement (syntaxique).

III. — L'EXPLORATION AUDITIVE ET SES CRITERES

Etudier valablement l'audition, c'est rechercher l'identification d'une image acoustique, c'est-à-dire explorer une fonction corticalisée, quels que soient les moyens employés.

Pour tester indirectement un système il faut faire appel à une fonction qui l'englobe entièrement, à une image parfaitement identifiable et dont on connaît la limite normale de la reconnaissance.

TOUTE MÉTHODE D'EXPLORATION AUDITIVE DOIT DONC RÉPONDRE A QUATRE CRITÈRES :

1° Paramètre correspondant à un aspect unitaire de la connaissance.

2° Excellent apprentissage de l'identification de ce paramètre chez tout sujet susceptible d'être soumis au test.

3° Possibilité d'atteindre et de chiffrer les limites de la reconnaissance.

4° Fixité de cette limite chez l'individu normal.

Ces critères, pratiquement jamais tous réalisés dans un test audiométrique clinique, nous serviront à donner un jugement de valeur sur les limites et les renseignements que peuvent apporter les méthodes de mesure de l'audition.

Nous envisagerons successivement les tests qui utilisent comme matériel sonore les sons purs, puis les tests qui emploient des sons complexes qu'ils soient d'origine instrumentale ou d'origine vocale, enfin les tests à proprement parler verbaux.

CHAPITRE II

LA MESURE DE L'AUDITION AVEC LES SONS PURS

Nous rappelons que les sons purs sont représentés graphiquement par des sinusoïdes où les paramètres qui les définissent sont la fréquence et l'intensité d'une part, la durée d'autre part.

Avec ce matériel sonore l'examen audiométrique détermine le champ auditif tonal, c'est-à-dire la perception des intensités en fonction des fréquences, avec sa limite inférieure ou seuil absolu de perception et sa limite supérieure ou seuil douloureux.

En pratique on se soucie surtout du seuil inférieur pour un certain nombre de fréquences classiques 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, l'ensemble des points permettant de dessiner la courbe audiométrique.

Par ailleurs l'exploration du champ auditif à l'intérieur des limites supérieures et inférieures, comporte l'étude de la distinction des écarts différentiels de fréquence et d'intensité ce qui, chez l'enfant, se réduit en pratique à un examen très approximatif.

Les sons purs sont produits par un audiomètre radio-électrique (oscillations électriques auto-entretenues, calibrables et émises par des systèmes électro-acoustiques). Ils sont présentés au sujet testé, soit en champ libre par haut-parleur atteignant ainsi les deux oreilles, soit par des écouteurs auriculaires permettant d'examiner chaque oreille séparément.

Ces tests sont exécutés en cabine insonorisée afin d'éviter tout effet de masque par les bruits extérieurs.

Toute une série d'épreuves peuvent être envisagées, chacune utilisant un des effets produit par le stimulus sonore sur le sujet :

— depuis les effets électriques engendrés au niveau de l'organe sensoriel transformateur d'énergie qu'est la cochlée.

— en passant par les effets électriques traduisant l'activité des voies nerveuses allant de la cochlée jusqu'aux centres.

— en continuant par les effets réflexes innés, acquis ou conditionnels provoqués par les stimuli sonores.

— enfin en se fondant sur la sensation sonore subjective ressentie par le sujet testé.

Le gros avantage des tests aux sons purs réside dans le fait que l'on possède un matériel sonore dont les paramètres sont rigoureusement et commodément mesurables.

I. — TECHNIQUES UTILISANT LES REACTIONS APPARAISSANT AU NIVEAU DES STRUCTURES AUDITIVES

1° Enregistrement du potentiel microphonique cochléaire.

Le recueil direct des potentiels microphoniques sur la cochlée à l'aide de micro-électrodes est facile, chez l'animal, depuis Wever et Bray. Cette technique représenterait évidemment la meilleure méthode d'audiométrie objective donnant une idée de la sensibilité de l'appareil auditif limité à son étage acoustique cochléaire.

Mais on sait que ces tracés, qu'on pourrait nommer cochléogrammes, ne sont pas réalisables chez l'homme car ils nécessitent la mise à nu chirurgicale de la cochlée sans parler des difficultés techniques considérables auxquelles on se heurte en laboratoire dans le cas des animaux ; donc pour l'instant aucune application clinique de ce principe ne peut être envisagée.

2° Enregistrement des effets électriques le long des voies nerveuses.

Pour les mêmes raisons techniques que précédemment on ne peut envisager chez l'homme de recueillir sur le trajet des nerfs auditifs les potentiels d'action provoqués par le stimulus sonore.

La seule tentative clinique réalisable consiste à recueillir sur le scalp avec un électro-encéphalographe les effets électriques corticaux évoqués par les stimuli acoustiques.

Les premières expérimentations (Marcus) ont été faites avec la réaction d'arrêt provoquée par le stimulus sonore. A l'état de veille et au repos, un sujet soustrait aux stimuli sensitivo-sensoriels, présente un tracé de repos constitué d'ondes dites alpha ; tout stimulus, acoustique y compris, provoque un arrêt de ce rythme plus ou moins brusque ou une diminution simple de celui-ci ; dans le premier cas apparaît un rythme fait d'ondes bêta plus rapides et de moindre amplitude. Outre le fait que l'enfant doit être parfaitement calme, détendu, immobile, conditions rarement réalisées chez le tout petit, la réaction d'arrêt a rapidement tendance à disparaître par un phénomène classique en neuro-physiologie, l'habituation. Ceci est donc une première limite à la répétition des stimuli nécessaires à l'établissement d'un audiogramme. Par ailleurs le problème est de savoir si, initialement, la réaction d'arrêt se produit pour des sons dont l'intensité est voisine du seuil.

Les expériences récentes portent sur l'enregistrement des potentiels évoqués et leur mise en évidence au sein d'un tracé électro-encéphalographique complexe par des techniques :

— soit mécaniques de surimpression (technique de Suzuki) où l'enregistrement est fait sur un papier se déroulant sans fin et sur lequel stimulus sonore et réaction électrique consécutive s'inscrivent constamment au même endroit, donnant au bout d'un nombre de passages assez grand une image nette.

— soit électroniques de comptage et de totalisation : « si l'on présente un stimulus de 200 c/s, on ne voit rien sur un tracé ni sur la moyenne de 4 tracés. A partir de 16 apparaît une ondulation à 200. Le phénomène devient caricatural si on fait la moyenne de mille tracés » (Rosenblitt). Ce simple passage que nous avons cité montre que cette technique n'est pas encore utilisable en clinique et qu'on peut lui opposer les mêmes critiques théoriques qu'à la précédente : les phénomènes d'habituation nécessiteraient des techniques spéciales pour être éliminés. Néanmoins, il est possible que ces méthodes soient promises à un certain avenir.

II. — TECHNIQUES UTILISANT DES REFLEXES INCONDITIONNES

1° Activités réflexes innées à effecteur moteur non végétatif.

Comme on l'a vu dans le chapitre premier, les stimuli sonores peuvent être à l'origine de réactions motrices soit généralisées, soit localisées telles que le clignement des paupières. Ces activités motrices observées directement par le testeur, ou enregistrées graphiquement ou encore décelées indirectement par recueil des effets électriques au niveau des muscles (électro-myographie) ou des nerfs moteurs (recueil des potentiels d'action) peuvent être utilisées pour réaliser des tests de mesure de l'audition. Ces réflexes cheminent par les voies non spécifiques et fatalement apparaissent pour des sons dont l'intensité est toujours au-dessus du seuil, mais dont le niveau par rapport à lui est variable. Donc d'emblée, nous voyons leurs limites tracées par la non-observance des critères 3 et 4.

A. — LE RÉFLEXE COCHLÉO-MUSCULAIRE GÉNÉRALISÉ.

C'est une sorte de contraction musculaire tonique diffuse, parfois limitée à la réaction de sursaut, facilement observable directement. Mais cette activité réflexe ne se produit qu'en réponse à des stimuli auditifs très intenses et brusques, de nature impulsionnelle. C'est l'activité qui demande les impulsions sonores les plus intenses (110 db) pour se produire régulièrement et encore est-elle très sujette à disparaître par habitation. On peut l'utiliser à tout âge. Elle présente son maximum d'intérêt chez le nourrisson ou bien en cas d'arriération mentale grave chez un enfant plus grand lorsqu'aucun autre test n'est réalisable. Sa négativité n'est d'ailleurs pas avec certitude synonyme de surdité profonde sauf dans le très jeune âge. Sa positivité ne donne aucune précision sur le seuil auditif réel mais permet seulement d'affirmer que les signaux sonores d'une intensité donnée ont été perçus.

B. — LE RÉFLEXE COCHLÉO-PALPÉBRAL.

C'est une contraction réflexe de l'orbiculaire des paupières provoquant le clignement. Il est facilement observable quand il est net. L'enregistrement par une électrode frontale des phénomènes électriques concomitants peut objectiver les réponses de faible intensité mal visibles directement. Un autre avantage par rapport au précédent est qu'il se produit plus facilement pour des intensités sonores moins importantes. Néanmoins, les impulsions nécessaires doivent encore être de l'ordre de 95-100 db au-dessus du seuil de l'entendant normal pour provoquer l'effet de surprise nécessaire pour que soient activés les circuits neuroniques qui en sont le support.

Les réponses sont variables selon l'état physiologique de l'enfant : l'habituation joue aussi rapidement et un stimulus qui donnait lieu à un réflexe cochléo-palpébral, ne le produit plus après un certain nombre de répétitions.

Pratiquement, on utilise des sons purs émis en champ libre par un haut-parleur placé à proximité des oreilles de l'enfant testé. Ces sons ont un début brutal et une courte durée. On commence par un son d'intensité suffisante, 90 db, choisi dans le médium un peu aigu, 2000 c/s par exemple. Puis on donne un son grave, 250 c/s, afin de garder plus de chances d'avoir des réponses positives aux deux fréquences. Si les deux provoquent une réponse, on peut admettre qu'il s'agit d'un entendant normal ou d'un demi-sourd. Si les deux sont négatives, on émet à 110 db. On obtient généralement une réponse au moins sur le 250. Il s'agit vraisemblablement d'une surdité assez importante. En cas de négativité complète des réponses, la surdité très profonde doit être suspectée mais ne peut être affirmée avec certitude.

La précision des données fournies par ce test est donc très relative. Mais sa réalisation pratique est facile. Il peut être utilisé à tout âge et ne présente pratiquement aucune limitation si ce n'est l'indifférence absolue aux excitations sonores par troubles des relations de l'enfant avec le monde environnant (autisme).

C. — RÉFLEXE COCHLÉO-STAPÉDIEN.

Cette contraction réflexe du muscle de l'étrier en réponse au son est de toute évidence peu propice à un examen direct

ou à un enregistrement, par suite de la situation cachée du muscle. Aussi cette réponse réflexe n'est pas utilisée en clinique.

D. — RÉFLEXE COCHLÉO-RÉCURRENTIEL D'ARSLAN.

L'apparition de potentiels d'action dans le nerf récurrent en réponse aux stimuli auditifs peut être visualisée au sein de l'activité spontanée rythmique de ce nerf (Arslan). Ce phénomène n'a pas encore été proposé pour servir de base à une mesure audiométrique mais ceci pourrait être envisagé.

2° Activités réflexes motrices d'acquisition naturelle.

Le réflexe d'orientation-investigation est certainement la plus intéressante des activités réflexes naturelles pouvant servir de base à un test de mesure de l'audition. Cette réaction consiste en une mise en éveil de l'attention ou en une ébauche d'orientation vers la source sonore.

Chez l'enfant entendant, cette réponse commence à se manifester à un âge précoce, 4-5 mois. Progressivement, elle se perfectionne par un phénomène de différenciation entre ce qui a déjà été entendu et ne présente rien de momentanément intéressant pour l'enfant et ce qui est intéressant momentanément pour lui ; mais elle reste sujette à fluctuation en fonction d'une part de l'état fonctionnel du système nerveux, d'autre part de la nature de l'excitant sonore. Il faut que l'attention de l'enfant ne soit pas absorbée par un quelconque sujet, que l'excitant sonore soit nouveau, insolite pour l'enfant. Dans ces conditions un son d'intensité assez faible peut produire le réflexe d'orientation-investigation. Mais, si le même excitant est répété plusieurs fois, il ne produit plus de réaction du fait du phénomène d'habituation.

En pratique, l'enfant est placé devant une table avec des jouets ; on profite d'un moment où son attention est relativement libre pour émettre des sons purs avec un haut-parleur situé derrière lui. On ne peut utiliser valablement que deux ou trois fréquences (par ex. 250, 1000, 3000) ; on les émet à intensité croissante à partir de 50 db par ex. jusqu'à obtention d'un réflexe d'orientation-investigation.

En cas de réponse positive, on sait qu'un son d'une intensité déterminée a été perçu mais on n'a pas de précision sur le niveau exact du seuil pour cette fréquence : on peut simplement lui assigner des limites comprises entre le seuil normal et le niveau où a été recueillie la réponse.

En l'absence de réponse, le problème est plus difficile à trancher car il peut s'agir soit d'un enfant sourd sévère ou total, soit d'un enfant atteint de troubles de la série aphasique qui, s'il est, même légèrement, absorbé par un jeu, ne fait pas attention aux sons purs, soit d'un enfant muré dans un état d'autisme et parfaitement indifférent aux sons purs, soit enfin d'un enfant atteint d'une déficience mentale grave.

Malgré ces inconvénients et ces limites qui doivent être connues, ce test présente un grand intérêt en pratique par suite de la simplicité de sa mise en œuvre et de sa plus grande sensibilité que les précédents.

Il peut être entrepris à partir de l'âge de 7-8 mois où physiologiquement le réflexe est bien installé. L'âge idéal est peut-être un an, un an et demi.

3° Activités réflexes à effecteur végétatif.

En dehors des activités réflexes que nous venons d'examiner, le stimulus sonore est encore capable de provoquer des manifestations dans le domaine végétatif :

- modifications du rythme cardiaque enregistrables par un électro-cardiographe,
- modifications du rythme respiratoire enregistrables par un kymographe,
- modifications du calibre de la pupille observables directement.

Certains auteurs ont essayé de les utiliser pour faire des tests de mesure de l'audition. En fait ces réflexes ne se produisent qu'à de très fortes intensités sonores (100-110 db). Ils sont en effet intégrés dans les voies extra-auditives non spécifiques. Ce sont des réactions de type émotionnel ou noci-ceptif qui sont très sujettes à fluctuation suivant l'état fonctionnel des structures neurologiques, à inhibition progressive par habitude, enfin à grandes variations d'un sujet à un autre.

Elles ne permettent donc que de se prononcer d'une façon relative et seulement sur l'alternative : l'enfant entend quelque chose, l'enfant n'entend pas.

Aussi, en pratique, comme elles nécessitent plus d'appareillage qu'un simple réflexe cochléo-palpébral ou qu'un réflexe d'orientation-investigation et qu'elles ne sont pas supérieures à eux, elles ne sont pas utilisées en clinique.

Quant au réflexe électro-dermal spontané, nous en parlerons dans le chapitre suivant avec son corollaire, le réflexe électro-dermal conditionné.

Avant d'examiner les activités réflexes conditionnées utilisées pour tester l'audition, nous dirons un mot de l'utilisation d'un phénomène particulier que nous ne pouvons pas classer stricto sensu, dans les activités réflexes ; il s'agit de la variation d'excitabilité de certains circuits neurologiques mesurée par la chronaxie, en l'occurrence de la chronaxie vestibulaire que des travaux récents de J.-Cl. Lafon ont montré être utilisable comme test de mesure de l'audition de l'enfant.

4° Variations de la chronaxie vestibulaire.

Rappelons *la notion de chronaxie* en général : c'est la durée minimum d'application d'une excitation électrique sur un conducteur nerveux, d'intensité double de l'intensité liminaire nécessaire pour produire la réaction d'un effecteur musculaire.

La chronaxie vestibulaire utilise comme réaction musculaire la déviation latérale de la tête. L'excitation électrique est donnée unilatéralement par une électrode mastoïdienne et une électrode endaurale.

L'utilisation de la chronaxie vestibulaire en audiométrie résulte du fait suivant : *après application d'un bruit, la chronaxie subit une chute mesurable* avec l'appareillage classique de Bourguignon (G. Mouriquand).

Il faut savoir que chez un enfant normal entendant, la chronaxie se situe aux alentours de 12 à 15 sigma. Un son brusque d'environ 60 à 70 décibels au-dessus du seuil normal provoque une baisse légère de la chronaxie, un son de 100 db une baisse importante, et un son de 120 db peut la faire descendre jusqu'à 3 ou 4 sigma. Le chiffre de chronaxie remonte progressivement. La vitesse de récupération est de 4 à 5 minutes

par sigma. Donc la durée de récupération est d'autant plus longue que la chute chronaxique est plus importante.

Après récupération un deuxième son identique produit une nouvelle chute moins importante que la première, etc... Il y a habitude progressive. Cette habitude n'apparaît pas si l'excitant sonore est associé et précède une excitation douloureuse (piqûre).

Le bruit agit dans la mesure où il est brusque et intense, provoquant des réactions de type émotionnel s'intégrant au niveau diencéphalique dans la substance réticulée. On voit donc la similitude entre ce phénomène et le réflexe électrodermal. Mais l'avantage réside dans la fidélité des réponses chronaxiques vestibulaires et leur moins grande variabilité en fonction des afférences extérieures et de l'état de réceptivité des centres.

Techniquement on commence par mesurer la chronaxie du sujet. Certains sujets dont la chronaxie est pathologiquement élevée (pour des causes neurologiques ou métaboliques — mongolisme) n'ont pas de réaction au bruit. Il faut les éliminer. Pour les autres (chronaxie entre 12 et 15 sigma) on ne peut appliquer que quelques stimuli sonores pour éviter l'habitude. On se contente d'explorer deux fréquences, d'abord le 4000, avec lequel on détermine le début de l'apparition de la baisse chronaxique en appliquant des sons d'intensité progressivement croissante, d'abord à 80 db, puis, si nécessaire, 95 db et 110 db. Après récupération, on procède de la même manière avec la fréquence 750.

On voit donc de la sorte *les limites étroites* de cette technique :

- tout d'abord limites dans le champ fréquentiel,
- puis imprécision sur le niveau du seuil auditif pour les fréquences explorées.

L'absence complète de baisse chronaxique même aux plus fortes intensités d'un son grave doit faire suspecter, plutôt qu'une surdité, une altération du système nerveux central (par exemple : mongolisme).

Si la baisse chronaxique est à peu près normale pour les sons de 80 db d'intensité, on peut penser que l'audition n'est pas notablement perturbée.

Mais si la baisse chronaxique ne se produit que pour des intensités fortes, par exemple 110 db, ceci ne traduit pas une surdité de 110 — 60 db de seuil chronaxique = 50 db mais une perte beaucoup plus importante de l'ordre de 80 à 90 db, car tout se passe comme si la variation chronaxique dépendait non de l'intensité absolue du bruit mais de la variation par rapport au fond sonore perçu habituellement.

Malgré ces inconvénients et les problèmes techniques posés par la mesure de la chronaxie qui nécessitent un testeur bien entraîné, on peut dire avec J.-Cl. Lafon que la mesure de la chronaxie après exposition au bruit peut remplacer les méthodes objectives d'audiométrie actuellement utilisées. Les mesures cliniques faites chez des enfants sourds avec contrôle audiométrique ultérieur semblent bien confirmer la plus grande régularité de cette méthode par rapport au réflexe électrodermal.

III. — TECHNIQUES UTILISANT LES REFLEXES CONDITIONNES

1° Activités réflexes conditionnées à partir d'un réflexe inné

A. — Réflexe cochléo-palpébral conditionné.

Pour tenter d'obtenir une réponse régulière aux excitations sonores, et surtout dans l'espoir d'avoir des réponses pour des intensités plus faibles que celles nécessaires à produire le réflexe naturel, certains auteurs (Galloway et Buttler : 1956) ont tenté d'effectuer un conditionnement. Un éclair lumineux provoquant le réflexe cochléo-palpébral, le son est associé à cet excitant. Mais malheureusement ce conditionnement ne semble pas donner de meilleurs résultats car le stimulant lumineux n'a pas d'action régulière.

B. — Réflexe cochléo-pupillaire conditionné.

La même tentative a été entreprise par Cason et Hudkins pour le réflexe cochléo-pupillaire. Le stimulus lumineux a

l'avantage de provoquer très régulièrement la contraction pupillaire. On peut donc associer le stimulus sonore au stimulus visuel et obtenir des réponses sans extinction progressive.

Ce test n'est pas passé en pratique clinique. Malgré les difficultés techniques pour observer avec précision chez l'enfant la réaction pupillaire, il nous semble que cette méthode devrait être considérée avec intérêt.

C. — Réflexe électrodermal conditionné (R.E.D.).

Ce réflexe encore appelé *réflexe psychogalvanique* est bien plus intéressant. Sous ce vocable certaines réactions réflexes enregistrables au niveau de la peau ont été utilisées pour mesurer le seuil de l'audition. C'est Bordley et Hardy qui décrivent en 1951 cette technique que rapidement les audiologistes du monde entier adoptèrent, espérant avoir à leur disposition un test d'audiométrie « objective » valable.

Après une période de grands espoirs est venue une plus juste appréciation des limites assez restreintes de cette méthode, limites qui sont liées d'une part à des raisons inhérentes à la nature même du phénomène, d'autre part à des raisons d'ordre strictement pratiques.

Féré en 1880 décrit la variation d'impédance cutanée consécutive à l'application de certains stimuli sensoriels, en particulier acoustiques, puis Tarchanoff en 1890 montra l'existence d'une activité électrique cutanée en réponse à ces mêmes stimuli.

Ces réflexes succédant à des stimuli sensoriels ou même psychiques furent nommés réflexes psycho-galvanique et psycho-voltaïque.

L'originalité de Bordley et Hardy consista à utiliser l'une de ces activités réflexes (variation de l'impédance cutanée en réponse à une décharge électrique également cutanée) pour la rendre dépendante de stimuli acoustiques par une technique de conditionnement inspirée de travaux de l'école Pavlovienne. Une fois la liaison conditionnelle obtenue, les stimuli acoustiques (stimuli conditionnels) provoquent la variation d'impédance cutanée (réaction réflexe) au même titre que la décharge électrique (stimulus inconditionnel).

Les auteurs pensaient qu'une bonne technique de conditionnement permettrait à des stimuli acoustiques d'intensité proche du seuil (à 10-15 db de celui-ci) de provoquer une réponse caractéristique et enregistrable, donnant ainsi la possibilité d'établir un graphique valable du seuil auditif. Qu'en est-il en réalité ?

1° *L'effet Féré* est en liaison avec l'activité des *glandes sudoripares* (observation de gouttelettes microscopiques de sueur par Darrow) et l'état vasculaire (disparition de l'effet Féré après arrêt sanguin, mis en évidence par Goadby K.-W. et H.-K). Quant à *l'effet Tarchanoff* il dépend de *l'activité directe des terminaisons nerveuses végétatives* (Goadby).

Ces deux activités électro-dermales sont commandées par le système nerveux végétatif *essentiellement orthosympathique* (disparition par section de la chaîne sympathique correspondante), *peut-être parasympathique* (inhibition par atropinisation : Wells et Forbes).

Quant aux centres de commande ce sont très vraisemblablement des *centres végétatifs hypothalamiques* : obtention de réponses électrodermales sur les coussinets de pattes de chats lors de la stimulation de la région hypothalamique du tuber cinereum (Wang et Richter).

Enfin il existe une *projection corticale* ou un centre de commande cortical en relation réciproque avec le centre hypothalamique (obtention de réponses électro-dermales par stimulation du cortex prémoteur de l'aire 6 de Brodmann par Wang et Richter). Une certaine imprécision existe donc dans notre connaissance de la nature de ces phénomènes.

Le déclenchement des réactions électro-dermales non conditionnées est sous la dépendance de stimuli très divers, sans spécificité apparente de prime abord, stimuli extéroceptifs sensitivo-sensoriels, tactiles, gustatifs, olfactifs, visuels, auditifs, stimuli intéroceptifs.

Mais l'élément spécifique commun à ces stimuli variés provoquant des réponses électro-dermales, semble bien être le *caractère émotionnel* : la brusquerie ou l'intensité des stimuli provoquent ce que l'on peut appeler dans une terminologie « psychologique », une surprise désagréable, une peur, une douleur. C'est le caractère peu ou prou émotionnel d'un stimulus qui engendre une réaction électro-dermale.

Un stimulus donné répété plusieurs fois peut cesser progressivement de produire un effet électro-dermal dans la mesure où il cesse de produire un effet de surprise ou une émotion négative. C'est un phénomène d'habituation, d'inhibition interne progressive, bien connu des neuro-physiologistes au niveau des étages supérieurs du névraxe.

On voit donc que le réflexe électro-dermal non conditionné est une activité nerveuse qui n'est pas aussi simple qu'un réflexe absolu médullaire. Sujette à fluctuation, elle s'apparente déjà, par son inhibition, aux activités réflexes conditionnées. Il est difficile de savoir exactement où et comment se font les liaisons interneuroniques qui en sont le support. Il est probable qu'outre les circuits sous-corticaux relativement directs, certaines zones corticales de projection sont mises en jeu.

L'ensemble de ces considérations sur le réflexe électro-dermal non conditionné montre qu'un stimulus acoustique voisin du seuil ne peut provoquer qu'exceptionnellement et en tout cas pas d'une façon répétée, une réponse électro-dermale.

Si l'on veut utiliser un réflexe électro-dermal non conditionné comme base d'un conditionnement, il faut choisir un réflexe stable : des décharges électriques constamment nociceptives peuvent servir pour l'établissement d'un tel réflexe, mais il ne faut pas oublier que même cette activité réflexe non conditionnée « stable » est sujette à variations suivant l'état fonctionnel des voies et centres nerveux dans lesquels elle s'intègre ; cet état fonctionnel est sous la dépendance de l'ensemble des afférences internes et externes qui peuvent donner de faux réflexes électro-dermaux.

2° LES PROBLÈMES POSÉS PAR LA CRÉATION D'UN RÉFLEXE ÉLECTRO-DERMAL CONDITIONNEL SONT PLUS COMPLIQUÉS ENCORE.

En principe, par association conditionnelle avec un stimulus électrique, un stimulus auditif peut provoquer d'une manière régulière une réaction électro-dermale. Mais on n'a pas de certitude absolue au sujet des niveaux où se créent dans le névraxe, les liaisons interneuronales substrat de l'activité conditionnelle. Pour les Pavloviens classiques cette liaison fonctionnelle s'établit aux *niveaux corticaux*. Mais pour d'autres cette liaison fonctionnelle siège à des niveaux plus bas, sous-

corticaux (persistance de réponses conditionnelles électro-dermales après décortication : Kellog).

A notre avis ces deux thèses contradictoires en apparence ne le sont pas fondamentalement. Nous pensons que des *liaisons temporaires* fonctionnelles entre centres peuvent exister, même à un niveau sous-cortical dans la mesure où des stimuli assez intenses donnent une irradiation suffisante des influx. Mais nous pensons que, pour qu'un stimulus *d'intensité juxta-liminaire* soit capable de provoquer une réaction réflexe par une liaison de type conditionnel, il faut que le *cortex* intervienne *activement* et pour que le stimulus juxta-liminaire soit efficace, il faut qu'il arrive dans un *cortex en état fonctionnel d'attention*. C'est la clef du problème de la validité de la méthode du réflexe électro-dermal conditionné. Il est en effet impossible de savoir dans chaque cas particulier à un instant donné, où s'effectue la *liaison inter-neuronale* responsable de la réponse électro-dermale conditionnée. Par voie de conséquence il est impossible de savoir si le stimulus acoustique qui a donné lieu à une réponse est proche ou loin du seuil. C'est là à notre avis la pierre d'achoppement sur laquelle on bute quand on pense faire de l'audiométrie liminaire en utilisant le réflexe électro-dermal conditionné au son.

L'ENSEMBLE DES CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES PRÉCÉDENTES PERMET DE COMPRENDRE QU'ON PUISSE AVOIR :

a) CHEZ UN ENFANT ENTENDANT :

— *Pas de réponses électro-dermales du tout* ; il s'agit surtout d'enfants très jeunes, en dessous de deux ans. En dehors d'erreurs techniques toujours possibles avec l'appareillage assez complexe qui est nécessaire, les absences de réponses relèvent de plusieurs causes :

- impédance cutanée très élevée, celle du nourrisson est 10 fois plus élevée que celle de l'adulte (Richter).
- défaut de maturation du système neuro-végétatif.
- impossibilité d'engendrer un choc émotionnel chez le tout petit enfant dont les synapses du relai hypothalamique ne sont pas encore très actives.
- surtout impossibilité de conditionnement malgré une répétition patiente des stimuli couplés acoustique et électrique.

Cette impossibilité peut être en rapport avec un degré insuffisant de maturation qui nécessiterait un nombre d'applications des stimuli tel qu'en pratique il est impossible d'en imposer à un aussi jeune enfant.

— *Des réponses au début de l'examen mais qui s'épuisent*

- soit du fait de l'état de désintérêt de l'enfant qui peut aller jusqu'à la somnolence ou au contraire par captation de l'attention par d'autres sujets, toute cause extérieure pouvant intervenir et créer une inhibition externe ;

- soit progressivement, les réponses disparaissent par un phénomène d'inhibition interne qui n'est pas forcément contre-carré par la pratique du « reinforcing stimuli » ou l'adjonction de stimuli visuels.

— *Enfin des réponses apparemment stables et concordantes.*

Même dans ce cas il est impossible d'affirmer avec certitude que les stimuli sonores les plus faibles ayant provoqué des réflexes électro-dermaux sont proches ou éloignés du seuil réel de l'audition.

b) CHEZ UN ENFANT SOURD PROFOND OU DEMI-SOURD, il est possible inversement d'obtenir des réponses électro-dermales : réactions survenant en réponse à d'autres stimuli accidentels passant inaperçus et survenant en même temps que le stimulus sonore, ce qui peut donner des seuils supérieurs aux seuils réels.

Toutes ces difficultés sont d'autant plus importantes que l'enfant est plus jeune et diminuent d'autant l'intérêt de cette méthode qui prétendait justement s'appliquer aux premiers âges.

POUR NOUS RÉSUMER, NOUS POUVONS DIRE QUE L'ABSENCE DE R.E.D. NE PROUVE RIEN ET QUE LES RÉPONSES POSITIVES ONT UNE VALEUR TRÈS RELATIVE : IL PEUT S'AGIR D'UN SOURD PROFOND, IL PEUT S'AGIR D'UN DEMI-SOURD, IL PEUT S'AGIR D'UN ENTENDANT A PEU PRÈS NORMAL, LES NIVEAUX TROUVÉS N'AYANT QU'UN RAPPORT LOINTAIN AVEC LES SEUILS RÉELS.

Par ailleurs les affirmations de certains auteurs sur la possibilité d'utiliser le R.E.D. pour un diagnostic topographique de la surdité en comparant les résultats obtenus avec ceux de

l'audiométrie subjective, nous paraissent également criticables pour les mêmes raisons. Il est tout à fait impossible, à notre avis, de tirer de cette comparaison des éléments pour affirmer en particulier la nature centrale de la surdité.

Nous voyons donc que l'intérêt de la méthode d'audiométrie au R.E.D. est bien limité par rapport aux espoirs qu'elle avait pu susciter chez un certain nombre de ses protagonistes. Cet intérêt est d'autant plus mince que *la réalisation pratique est délicate et recèle de multiples causes d'erreur d'autant plus souvent que l'enfant est plus jeune*. Nécessité d'un enfant tranquille, nécessité de la pose très correcte des électrodes (peau propre et réchauffée en permanence, bon contact par pâte électrolytique et pression invariable des électrodes), nécessité d'un bon équilibrage du pont de Wheastone, équilibrage difficile à maintenir chez l'enfant, etc...

Toutes ces raisons théoriques et pratiques expliquent que nous avons tendance à abandonner le réflexe électro-dermal pour la mesure de l'audition de l'enfant.

2° Activité réflexe conditionnée à partir d'un réflexe acquis naturellement : réflexe d'orientation conditionnée

Nous voulons parler ici du RÉFLEXE D'ORIENTATION CONDITIONNÉE (en abrégé R.O.C.) décrit au Japon par Suzuki et Ogiba en 1959. Elle était déjà utilisée en Italie par certains auteurs sans qu'ils l'aient formellement décrite.

SON PRINCIPE repose sur l'utilisation d'un réflexe d'orientation-investigation naturel vers un stimulus en l'occurrence visuel. Il est nécessaire d'obtenir une réponse régulière à ce stimulus pour pouvoir l'utiliser au montage d'un conditionnement sonore. Si ce problème est résolu, on peut obtenir, en réponse à un son devenu excitant conditionnel, donc signal corticalisé, une réponse d'orientation régulière même si le stimulus sonore est voisin du seuil.

Voici comment les auteurs du test ont résolu ce problème.

LEUR APPAREILLAGE est simple : c'est un petit meuble comportant deux haut-parleurs situés chacun à une extrémité,

c'est-à-dire à une distance d'à peu près 80 cm. Sous chaque haut-parleur une petite niche renferme des poupées de celluloid qui peuvent être illuminées par des lampes situées à l'intérieur de leur corps. Chaque haut-parleur est relié à un audiomètre et peut fonctionner séparément de même que l'éclairage des poupées.

LA TECHNIQUE EST LA SUIVANTE :

L'enfant, accompagné de sa mère est assis à 50 cm de l'appareil, ses yeux sont à la hauteur des poupées. La mère est prévenue qu'elle ne doit pas intervenir. L'examen est pratiqué dans une cabine insonore et de telle sorte que rien ne vienne distraire l'enfant.

Le premier temps consiste à conditionner l'enfant au son. On choisit une fréquence (de préférence une fréquence grave 250) qu'on émet à une intensité largement supérieure au seuil supposé. Elle est donnée dans un des haut-parleurs pendant une durée de cinq secondes à peu près. Deux secondes après le début de l'excitation sonore, les poupées du même côté s'allument. L'enfant tourne alors la tête dans la direction de ce stimulus sonore. Quelques secondes après l'arrêt simultané son-lumière, la même stimulation combinée est donnée du côté opposé. Cette présentation alternée régulièrement est répétée un certain nombre de fois, de sorte que l'enfant se conditionne parfaitement à tourner la tête vers le signal sonore sans attendre les excitations visuelles.

L'enfant étant bien conditionné, on peut rechercher les seuils de chaque fréquence en émettant des signaux sonores d'intensité décroissante jusqu'à ce que l'enfant ne présente plus de réponse au son. A ce moment on peut considérer que le seuil est atteint pour la fréquence donnée.

On recommence les mêmes opérations avec chacune des fréquences qu'on désire tester mais à chacune d'elles il est prudent de renforcer le conditionnement par une ou deux présentations combinées son-lumière. Il faut présenter le son d'un façon irrégulière d'un côté et de l'autre sous peine de voir l'enfant se conditionner à un rythme d'alternance. Il est assez facile de reconnaître les vraies réponses parmi les mouvements divers de l'enfant. Il s'agit d'une rotation rapide de la face vers la source sonore survenant avec une latence de 0,5 à 1,5 seconde.

SOUS L'ANGLE MÉTHODOLOGIQUE la technique du R.O.C. nous semble parfaitement valable. En effet, l'activité réflexe sur laquelle il est fondé est, comme nous l'avons vu, au chapitre précédent, un réflexe naturellement acquis par l'enfant au cours de son développement ; ce réflexe d'orientation naturel doit simplement être rendu régulier dans son apparition en réponse à un stimulus visuel. Cette régularité est obtenue grâce au spectacle des poupées lumineuses qui entretiennent l'intérêt et l'attention de l'enfant. Quand le conditionnement au son est obtenu, le stimulus sonore est devenu un signal qui annonce à l'enfant l'apparition de la scène lumineuse et entraîne donc l'orientation de la tête vers celle-ci. Pour cela les signaux sonores arrivent nécessairement jusqu'au cortex, aussi il est possible que leur intensité soit juxta-liminaire.

La possibilité de répéter le test pour chaque fréquence est fonction du niveau d'attention que l'enfant manifeste aux poupées lumineuses. Il semble que de un à trois ans cette image soit suffisante pour retenir son attention le temps nécessaire à l'examen. Après trois ans par contre l'activité spontanée de l'enfant perturbe cette attention et empêche la réalisation valable du test.

Nous allons d'ailleurs transcrire ici *les résultats communiqués par Suzuki et Ogiba* :

Ces résultats concernant 115 enfants. Leur analyse montre que la méthode donne 85 % de résultats valables pour les enfants dont l'âge est compris entre un an et deux ans onze mois, et 14 % de succès partiel.

Par contre pour les enfants en dessous de un an la proportion de succès n'est que de 38,5 %. Enfin quand l'âge dépasse trois ans la proportion des succès baisse également à 68 %.

L'étude des seuils obtenus par cette technique montre que l'écart par rapport au 0 audiométrique est de :

- 30 db avant un an,
- 20 db de un an à un an et demi,
- 17 db de un an et demi à deux ans,
- 15 db de deux ans et demi à trois ans.

Enfin la comparaison avec les seuils obtenus au peep-show montre que dans 93 % des cas, il n'y a pas un écart de plus de 5 db entre les deux mesures.

Donc sur le plan expérimental cette technique est parfaitement valable comme le laissait supposer l'étude de ses principes.

En conclusion, l'audiologiste possède maintenant un test facile à réaliser pour mesurer avec une précision suffisante le seuil tonal d'un enfant entre un an et demi et trois ans, dans la mesure où l'intelligence est sensiblement normale et où il n'existe pas de gros troubles neuro-psychiques.

3° Activité réflexe conditionnée à partir d'un réflexe acquis extemporanément : le PEEP-SHOW-BOX

La méthode du Peep-Show-Box décrite initialement en 1947 par Mlle Dix et Hallpike a été reprise par de nombreux auteurs avec quelques variantes techniques qui n'en changent pas le principe. Elle est très largement utilisée actuellement par tous les audiologistes.

Son principe.

Son principe est d'obtenir de l'enfant, par une technique de conditionnement particulière, en réponse à tout stimulus sonore une réaction motrice qui provoque l'apparition devant ses yeux de quelque chose qui suscite son intérêt.

En pratique.

1° Le stimulus sonore est un son pur aisément calibrable dans ses paramètres (fréquence, intensité, durée), produit par un audiomètre et émis en champ libre par un haut-parleur ou plus rarement dans des écouteurs placés directement sur les pavillons auriculaires, soit exceptionnellement dans un vibreur par la voie osseuse mastoïdienne.

2° La réaction motrice de l'enfant est très simple : c'est une pression du doigt sur un bouton ou de la main sur une manette de commande. L'apprentissage nécessaire pour l'obtenir est donc réduit au minimum.

3° L'apparition suscitant l'intérêt de l'enfant peut varier suivant le montage réalisé par le constructeur : images colorées qu'on peut changer, projection d'un film pour enfants au fond d'un théâtre miniature, figurine comique apparaissant à la porte d'une maison de poupée, train sortant d'un tunnel pour rentrer dans un autre...

4° La technique de conditionnement, d'après les auteurs de la méthode, est la suivante :

- Dans un premier temps le stimulus sonore intense (100 db par exemple) est présenté simultanément avec un signal lumineux. On apprend à l'enfant à répondre en pressant sur la manette qui déclenche la scène amusante. On lui apprend également qu'en l'absence des deux signaux sonore et lumineux la pression sur la manette ne produit rien. En quelques répétitions le conditionnement est obtenu. Le signal lumineux est destiné à faciliter le conditionnement des enfants qui sont peu attentifs aux sons.

- Dans un deuxième temps, après avoir ostensiblement caché le voyant lumineux et fait comprendre à l'enfant que la lumière n'a plus d'intérêt, on lui apprend à répondre au stimulus sonore seul, par la pression sur la manette afin d'obtenir l'apparition des images attrayantes et inversement à ne pas presser en l'absence de son car rien ne se produit. En quelques répétitions le conditionnement nouveau est obtenu.

- Dans un troisième temps on procède à la détermination des seuils pour chacune des fréquences en baissant progressivement l'intensité du stimulus jusqu'au moment où l'enfant cesse de répondre.

Ceci est la méthode décrite initialement par les créateurs.

En réalité.

Nous procédons un peu autrement. Le premier temps préconisé nous paraît inutile pour ne pas dire gênant. En effet, en présentant un signal sonore accompagné d'un signal lumineux on présente en fait un signal unique mais complexe auquel l'enfant se conditionne. S'il est bien conditionné la suppression de l'élément lumineux modifie complètement la nature du

stimulus complexe et il n'y a pas de raison qu'au nouveau stimulus constitué seulement par le son, l'enfant réponde d'emblée par le geste préalablement appris. Théoriquement il y a même de bonnes raisons pour qu'il ne le fasse pas. Ceci ne peut donc que compliquer les choses. Aussi en pratique appliquons-nous d'emblée le stimulus sonore. Il suffit d'une part de commencer avec les fréquences graves 125 ou 250 qui ont le plus de chance d'être perçues dans la mesure où l'intensité est suffisante (de l'ordre de 100 db). A ce niveau, en effet, il est presque impossible que le signal ne soit pas senti au moins sous forme d'une sensation vibratoire qui suffit à créer le conditionnement.

Cette remarque préalable faite, nous pensons que la technique du Peep-Show pour déterminer les seuils de perception des sons purs en fonction de leurs fréquences est PARFAITEMENT VALABLE SOUS L'ANGLE MÉTHODOLOGIQUE dans la mesure où un certain nombre de conditions sont remplies.

Il faut que l'apprentissage de l'enfant à reconnaître le son pur soit bon, c'est-à-dire que le conditionnement soit bien établi et solide, que régulièrement le stimulus sonore et seulement lui provoque la réponse motrice de l'enfant. Pratiquement il ne faut pas hésiter à recourir en cas de difficultés à plusieurs séances pour obtenir un conditionnement stable.

En effet, quand le conditionnement est obtenu, le stimulus sonore est devenu un signal et comme tel il est intégré au niveau des structures neurologiques les plus élevées, y compris le cortex cérébral.

Le seul problème est donc de faire en sorte que les stimuli sonores même s'ils sont subjectivement de faible intensité, juxta-liminaire, soient « entendus ». Pour cela, une des conditions majeures est que le message, une fois franchie la barrière de l'organe sensoriel, pénètre dans des structures neurologiques en état d'éveil ou d'attention.

Cette condition est justement réalisée dans le Peep-Show. Le son devient le signal pour l'enfant de la possibilité de faire apparaître à ses yeux une scène amusante. Il suffit donc que cette scène soit intéressante pour l'enfant pendant toute la durée de l'examen. Pour un enfant de niveau mental de 3-4 ans la même image lumineuse suffit amplement ; de 4 à 7 ans une succession d'images formant une histoire simple suffit également.

Par ailleurs, il faut éviter toute distraction qui peut déplacer le centre d'intérêt de l'enfant. Pour cela, il est bon que l'examen soit fait dans la cabine insonore plongée dans une demi-obscurité où ressort l'image éclairée du Peep-Show. L'enfant étant assis confortablement à bonne hauteur devant l'appareil, sa mère peut être derrière lui pour éviter un état émotionnel négatif mais elle ne doit pas intervenir autrement qu'en regardant avec son enfant le théâtre miniature.

Le testeur est à côté de l'enfant mais doit pouvoir manipuler l'audiomètre sans que l'enfant s'en aperçoive et sans que l'expression de son visage puisse donner un renseignement involontaire à l'enfant.

Il faut enfin limiter la durée de l'examen car la fatigue fait baisser la capacité d'attention. Si nécessaire un deuxième examen complètera la gamme des fréquences explorées au cours du premier.

Limites.

Si la méthode du Peep-Show est parfaitement valable, il existe néanmoins des limites à ses possibilités. Elles découlent de son principe même. Elles sont de deux ordres, les unes physiologiques, les autres pathologiques.

A. — LIMITES PHYSIOLOGIQUES.

Chez l'enfant normal les limites sont dues :

1° *Soit aux limites de la possibilité de conditionnement* ; selon Statten et Wishart les pourcentages de succès complet ou partiel dans le conditionnement de 204 enfants de 18 mois à 5 ans et plus ont été les suivants :

2	2-3	3-4	4-5	ans
7,6	43	80	93	%

2° *Soit aux écarts enregistrés entre les seuils obtenus par le Peep-Show et les seuils réels obtenus chez l'adolescent normal* ; ils sont dus à la limite des capacités d'attention et d'intégration de l'enfant jeune. Mais pour les sons purs l'intégration nécessaire est simple, seule compte l'attention qui peut être très suffisante pour que les écarts n'excèdent pas 10-15 db à 3 ans, 5-10 db à 4 ans.

3° *Soit à la technique même de la méthode* : l'audition testée est l'audition aérienne binaurale ; on peut surmonter cet obstacle en pratiquant, quand l'enfant accepte le port d'un casque, un Peep-Show monaural et même avec un vibreur, une courbe osseuse.

B. — LIMITES DUES A DES CIRCONSTANCES PATHOLOGIQUES.

Elles perturbent soit le processus de conditionnement, soit les fonctions perceptives et intégratives mises en jeu, soit les fonctions d'exécution, ceci d'une façon permanente ou seulement passagère.

Les troubles de la vue : seule une amblyopie importante peut être un obstacle.

Les troubles moteurs : seuls les troubles graves (paralytiques, ataxiques, choréo-athétosiques) peuvent limiter le Peep-Show dans la mesure où l'enfant ne peut presser sur le bouton ou se tenir assis sur un siège. Toutefois les essais pour répondre aux stimuli sonores sont le plus souvent clairs.

Les déficits intellectuels influent de façon variable sur la possibilité de réaliser le Peep-Show et sur l'exactitude des courbes de seuil. C'est l'importance du déficit intellectuel qui est le facteur déterminant.

Dans les déficits légers (Q.I. 70-85) le conditionnement est possible quoique généralement plus long et plus difficile. Les seuils sont un peu plus éloignés du seuil réel de 20-25 db.

Dans les déficits moyens (Q.I. 55-70) le conditionnement est souvent impossible, les enfants ne comprenant pas le mécanisme ; dans les cas rares où un seuil a pu être déterminé on ne peut espérer qu'il soit proche du seuil réel de moins de 30-35 db.

Dans les déficits graves (Q.I. en dessous de 55), le Peep-Show est tout à fait irréalisable. Les réponses obtenues chez les enfants atteints de déficits mentaux sont donc peu précises mais elles ne manquent pas de constance.

Il n'en est pas de même dans les *troubles des fonctions symboliques* (dysgnosies) qui empêchent le processus de transformation du stimulus sonore en signal signifiant. La fonction perceptive n'a plus qu'un contenu présentatif, elle a perdu son contenu représentatif.

Dans les formes sérieuses, l'obtention d'un conditionnement est tout à fait impossible. Dans les formes mineures, un certain conditionnement est possible ; mais il faut être très prudent pour en tirer des conclusions précises sur la courbe auditive car les réponses sont entachées d'une *certaine inconstance*.

Dans les petits troubles du type retard d'intégration, la courbe audiométrique relevée au Peep-Show est valable avec peut-être un léger écart par rapport au seuil réel.

Dans les troubles psychiques graves du type autisme infantile ou schizophrénie infantile, il y a une impossibilité absolue d'obtenir des réaction extériorisées en réponse aux stimuli sonores. L'enfant reste absolument indifférent aux stimulations, impénétrable, replié sur lui, comme muré. Le Peep-Show est évidemment impossible mais ces cas sont très rares.

Dans les troubles mineurs de l'affectivité et du caractère, il faut être patient pour obtenir des réactions valables. Les états d'inhibition, de peur, de refus peuvent être surmontés à la longue et sont donc des limitations passagères.

Les états d'agitation ou simplement d'instabilité empêchent l'enfant de fixer son attention le temps nécessaire à l'examen. C'est donc une limite relative à l'examen. Il suffit de procéder en fragmentant l'examen en courtes périodes.

IV. — TECHNIQUES UTILISANT LA SENSATION SONORE SUBJECTIVE

1° Audiométrie tonale liminaire au casque.

SON PRINCIPE est tout à fait identique à celui de l'audiométrie de l'adulte. Il s'agit de faire apprécier par le sujet la sensation de seuil pour les différents sons fréquentiels purs émis dans les écouteurs puis dans le vibreur de l'audiomètre.

Comme on l'a déjà souvent signalé, le son fréquentiel pur est un matériel sonore avec lequel l'enfant éprouve des difficultés à se familiariser, d'autant plus s'il est jeune et sourd. Une des conditions essentielles à réaliser pour l'exactitude de la mesure audiométrique est d'obtenir un excellent appren-

tissage de la détection des sons et une persistance de l'éveil des structures neurologiques pendant toute la durée de l'examen. Il faut donc user d'artifices destinés à maintenir l'attention de l'enfant.

Aussi dans un premier temps, on apprend à l'enfant à identifier le son pur en choisissant l'oreille supposée la meilleure et en lui présentant une intensité que l'on estime suffisamment supraliminale.

La réponse témoignant de l'audition ou de la non-audition du son, peut être différente selon les enfants. Quand la compréhension du langage est suffisante et que l'enfant s'y prête, l'appréciation sera verbale, l'enfant dira : « j'entends » ou « je n'entends pas » ou « j'entends un peu » ou encore « oui » « non ». Cette pratique n'est pas très recommandée par les traités classiques mais elle est pourtant valable et souvent commode.

Une autre consiste à expliquer à l'enfant qu'il doit lever le doigt et ceci tant qu'il entend quelque chose si l'on fait entendre des intensités décroissantes, ou dès qu'il entend quelque chose si l'on utilise des intensités croissantes.

Une autre méthode à employer chez l'enfant qui, par timidité, refuse de parler et ne lève pas volontiers le doigt, consiste à lui faire faire une action élémentaire concrète en réponse aux sons : telle, déplacer un à un des jetons ou des cubes colorés à chaque perception sonore discontinue (audiométrie dite aux jetons ou aux cubes de Myklebust).

Quand l'apprentissage de la détection du son, concrétisé par des réponses régulières, est obtenu, on passe à LA RECHERCHE DES SEUILS PAR VOIE AÉRIENNE, les écouteurs étant bien centrés, bien appliqués sur les pavillons.

Différentes méthodes sont également possibles :

1° On peut utiliser des *sons continus* dont on fait varier progressivement l'intensité avec le potentiomètre de l'atténuateur :

soit intensité décroissante jusqu'à la disparition complète de la sensation sonore, donnant *le seuil descendant* ;

soit intensité croissante jusqu'à l'apparition de la sensation sonore la plus petite, donnant *le seuil ascendant*.

Le seuil ascendant est plus stable que le seuil descendant mais il est un peu plus élevé que celui-ci.

2° On peut utiliser des *sons discontinus* ; ce qui facilite généralement chez l'enfant la recherche des seuils et permet de faire des vérifications de l'exactitude des réponses. En effet, à l'audition strictement fréquentielle se surajoute un élément d'audition impulsionnelle et comme nous l'avons signalé dans le chapitre I, les variations brusques de nature impulsionnelle provoquent la mise en éveil du système nerveux, ce qui facilite beaucoup chez l'enfant le maintien d'une attention suffisante pour que les signaux liminaires parviennent jusqu'au cortex.

En pratique on peut :

— soit interrompre les sons par une commande manuelle au gré du testeur ; il faut toujours dans ce cas veiller à ce que les interrupteurs de l'audiomètre ne soient pas visibles de l'enfant.

— soit utiliser des sons automatiquement pulsés à un rythme qui peut varier et demander à l'enfant de battre de la main au même rythme.

L'examen audiométrique quelle que soit la technique utilisée doit être rapide pour éviter la fatigue qui apparaît chez l'enfant, fait diminuer l'attention et modifie de ce fait les seuils. Il ne faut donc pas s'arrêter trop longtemps sur une même fréquence, même si les réponses successives ne coïncident pas. Il vaut mieux prendre leur moyenne en première approximation et avoir rapidement un aperçu d'ensemble de la courbe, quitte à revenir ensuite, si l'enfant n'est pas fatigué, sur les fréquences dont le seuil paraît suspect ou même tester les fréquences intermédiaires dans les cas où cela paraît nécessaire.

EN CAS D'INÉGALITÉ IMPORTANTE ENTRE LES DEUX OREILLES SE POSE LE PROBLÈME DE L'AUTHENTICITÉ DE LA COURBE DE LA MAUVAISE OREILLE. L'impédance de la barrière air-cochlée étant approximativement 50 à 60 db, quand la différence entre la mauvaise oreille et la bonne oreille (interne-osseuse) est de cet ordre ou supérieure, il est indispensable d'assourdir la meilleure oreille. Théoriquement, il faut assourdir suffisamment mais sans retentir sur l'oreille contro-latérale. L'intensité de l'assourdissement doit être égale au moins à la différence entre le son testé

et la valeur du transfert 60 db auquel on ajoute éventuellement le Rinne négatif de l'oreille à assourdir. Cet assourdissement sera réalisé avec un bruit blanc de préférence. La recherche du seuil de l'oreille la plus sourde avec assourdissement controlatéral est en réalité bien difficile chez le jeune enfant, il ne devient réellement possible qu'à partir de 8 ans et demi à neuf ans. D'ailleurs dans la mesure où l'on connaît le seuil de la bonne oreille, on est suffisamment renseigné sur la valeur de l'audition du sujet. Il est donc inutile d'insister longuement ici sur ces problèmes.

LA RECHERCHE DE LA COURBE DE SEUIL PAR VOIE OSSEUSE est importante pour le diagnostic topographique, d'après les auteurs classiques. Aussi, faut-il dans la mesure du possible réaliser cette recherche. *Sur le plan théorique* la conduction osseuse pose de nombreux problèmes que nous ne débattons pas.

Sur le plan pratique également la mesure de la conduction osseuse est délicate. Le *choix d'un bon vibreur* est essentiel. Sa calibration est effectuée pour l'adulte : ceci entraîne une conduction osseuse supra-normale dans les graves chez un enfant normal, de l'ordre de 15 db.

La mise en place du vibreur se fera sur la mastoïde à l'endroit où la sensation sonore est la plus forte mais sans toucher le pavillon de l'oreille (conduction cartilagineuse). Le vibreur sera tenu par le testeur et appliqué à pression constante sur l'os.

On testera d'abord l'oreille où le Weber est latéralisé. On recherchera comme pour l'audition aérienne les seuils ascendants plus réguliers que les seuils descendants et ceci avec ou sans interruption du son. Les fréquences testées seront seulement 250, 500, 1000, 2000, 4000. Le problème est ensuite de tester l'oreille opposée.

Il faut alors éliminer l'oreille où se latéralise le Weber. La technique classique chez l'adulte consiste à utiliser un bruit blanc émis par voie aérienne et à lui donner une intensité égale au coefficient d'assourdissement spécifique auquel on ajoute l'intensité du son test et la valeur du Rinne négatif de l'oreille à assourdir. Fatalement dans certaines surdités de transmission, ceci entraîne un retentissement sur l'oreille qu'on veut tester et rend en fin de compte impossible le relevé exact des seuils osseux de ce côté.

Le test de Rainville (calcul de l'écart C.O.-C.A. par la différence d'intensité entre le bruit blanc masquant en voie aérienne et osseuse) permet théoriquement de tourner la difficulté.

Toutes ces techniques sont de réalisation très difficiles chez l'enfant. D'une part il est difficile de lui faire préciser la latéralisation du Weber et plus encore de lui faire discerner au milieu d'un bruit blanc l'apparition d'un son fréquentiel. C'est rarement possible avant 10-12 ans et nécessite un bon apprentissage préalable.

Ces mesures précises de la conduction osseuse sont d'ailleurs d'une importance moindre que ne l'affirment les classiques. En effet, souvent les courbes aériennes sont égales des deux côtés ce qui facilite bien la recherche de l'osseuse ou bien la forme de la courbe aérienne est suffisamment évocatrice d'une transmission ou d'une perception. Enfin les tests vocaux donneront des renseignements permettant de faire cette distinction sans difficulté.

2° Audiométrie tonale supra-liminaire.

Plus encore que les épreuves tonales liminaires relatives à la conduction osseuse, l'audiométrie supra-liminaire est problématique chez l'enfant.

Cette exploration du champ auditif se résume souvent à peu de chose.

Une épreuve assez facile à réaliser est la RECHERCHE DU SEUIL DOULOUREUX. Cette étude est utile en cas de tentative de prothèse. En effet, l'abaissement de ce seuil nécessite absolument une compression de l'amplification prothétique. Cette épreuve renseigne uniquement sur l'état de la partie acoustique de l'organe auditif.

Quant aux épreuves classiques chez l'adulte DE RECHERCHE DES SEUILS DIFFÉRENTIELS D'INTENSITÉ par le *test de Lüscher* par exemple, leurs résultats sont franchement sujets à interprétation totalement fantaisiste dans la mesure où l'on ignore un certain nombre de données importantes. *Le seuil différentiel d'intensité* pour une fréquence donnée à un niveau sonore donné est *le résultat de deux éléments* qui le font varier en sens inverse :

— d'une part ce qu'on appelle classiquement *le recrutement* et qui est un aspect de la distorsion de l'organe acoustique

auditif ; il a pour effet de diminuer la valeur du seuil différentiel d'intensité.

— d'autre part *l'intégration centrale*, c'est-à-dire l'appréciation par le système nerveux de cette variation d'intensité du message ayant franchi les structures acoustiques auditives. La mauvaise intégration a pour effet, au contraire des distorsions de type recrutement, d'augmenter la valeur des seuils différentiels d'intensité.

Cette capacité du sujet à apprécier les différences d'intensité qui lui sont présentées après le passage cochléaire d'un son modulé est très variable *selon l'âge* (d'autant plus mauvaise que l'enfant est plus jeune) et *selon l'apprentissage* ; celui-ci augmente considérablement cette capacité de discrimination.

Donc la valeur d'un seuil différentiel d'intensité dépend à la fois des voies centrales et de l'organe acoustique périphérique.

Aussi, tirer des conclusions d'une seule recherche clinique des seuils, est difficile dans la presque totalité des cas car il sera impossible de déterminer la part revenant à l'appareil acoustique et celle de l'intégration centrale.

Seuls les seuils différentiels, très augmentés par rapport à la norme moyenne de l'adulte (1 db), peuvent faire soupçonner une mauvaise intégration.

De même on peut rechercher grossièrement LA DISCRIMINATION DES FRÉQUENCES. L'impossibilité pour un enfant de distinguer des fréquences assez éloignées (d'un octave par exemple) est l'indice d'un trouble qui peut porter à la fois sur l'organe périphérique acoustique de l'audition et sur les voies centrales de l'intégration.

Quant à LA DISCRIMINATION DES RYTHMES c'est une aptitude purement neuro-physiologique.

Toutes ces recherches ont leur intérêt chez l'enfant sourd. Elles permettent dans une faible mesure d'évaluer une partie des éléments qui interviennent chez eux dans la facilité qu'ils ont à être éduqués du point de vue linguistique. Mais elles ne peuvent en aucune façon être considérées comme des tests auditifs précis de fonctionnement cochléaire, ni des tests fins d'intégration centrale. Elles ne peuvent objectiver que des perturbations majeures.

CHAPITRE III

LA MESURE DE L'AUDITION

AVEC LES SONS COMPLEXES NON VOCAUX

Ces sons complexes peuvent du point de vue acoustique être considérés comme composés d'un certain nombre de sons purs. L'ensemble des fréquences constitutives avec leur intensité relative est représentée par un spectre caractéristique de chacun de ces sons. Les autres caractères fondamentaux étant l'intensité globale en fonction du temps et les variations du spectre dans le temps.

Ce matériel sonore est produit par les instruments de musique divers et par les objets en général.

Aussi, toute utilisation de ces sons en vue d'un test qui se veut un peu précis, doit être précédée *d'une analyse de la structure acoustique* comme on peut en réaliser facilement avec un Sonagraph. Ayant effectué une série d'analyses, nous avons pu classer les sons complexes en plusieurs catégories dont nous donnons une idée ici :

1° SONS CONTINUS A SPECTRE HARMONIQUE : leur spectre est constitué d'un fondamental et d'un certain nombre d'harmoniques dont les intensités sont variables ; les harmoniques les plus intenses servent de référence fréquentielle à chaque instrument. Ils sont produits par les instruments à vent, par exemple sifflet, flûtes, trompettes.

2° SONS A SPECTRE HARMONIQUE AVEC TRANSITOIRE D'ATTAQUE IMPORTANT, tels sont ceux produits par les clochettes, le triangle où là encore les harmoniques les plus intenses servent de référence fréquentielle pour un test.

3° SONS A SPECTRE PRESQUE CONTINU AVEC ZONE DE RENFORCEMENT ET AVEC TRANSITOIRE D'ATTAQUE IMPORTANT, c'est le cas des sons de cymbale.

4. SONS ESSENTIELLEMENT CONSTITUÉS D'IMPULSIONS et dont le spectre est par conséquent continu avec des zones de renforcement. Tels les tambours.

5. En dehors de ces sons instrumentaux, DES BRUITS SIGNIFICATIFS peuvent être utilisés, car ils sont le signal d'un événement connu (bruit de porte, de pas, de biberon, de chute d'objet sur le sol, de froissement de papier, de bonbons dans une boîte), OU AU CONTRAIRE DES BRUITS INSOLITES. Leur analyse peut être faite et montre des spectres continus avec zones de renforcement.

Ces sons complexes peuvent être émis.

- Soit directement par les instruments au voisinage de l'enfant en mesurant l'intensité avec un sonomètre placé à une distance équivalente à celle de l'oreille de l'enfant.

- Soit devant le micro d'une installation téléphonométrique, l'intensité étant réglée par le vu-mètre et le potentiomètre de sortie.

- Soit enfin par haut-parleur après enregistrement sur bande magnétique. En général il est préférable d'utiliser les instruments à côté de l'enfant, leur fonction de jouets étant alors remplie.

De même que pour les sons purs de nombreuses réactions sont utilisables pour évaluer la sensibilité auditive de l'enfant.

Comment ce matériel sonore sera-t-il utilisé en pratique dans les tests de mesure de l'audition ?

1° A TOUT AGE, mais déjà chez le nourrisson, on peut rechercher l'apparition des *réflexes musculaire généralisé et palpébral*. Ils sont cherchés avec les instruments produisant des sons impulsionnels intenses et graves comme les tambours de timbre grave ; il convient de ne pas se laisser tromper par un réflexe palpébral à commande visuelle. Le mieux est d'habituer le réflexe palpébral à partir d'excitations visuelles répétées et de présenter brusquement un son, la réapparition du réflexe indiquant qu'il a été perçu par le sujet.

Comme nous l'avons dit précédemment, les réponses sont peu précises : une réponse de N db correspond à un seuil réel compris entre 0 db et N db. Une absence de réponse ne permet pas de formuler de conclusion définitive : surdité assez sévère probable.

2° UN PEU PLUS TARD, quand l'enfant a 10-12 mois, on peut essayer d'obtenir une *réaction d'investigation-orientation*. On emploie de préférence des instruments à sons harmoniques que l'on choisit de façon à explorer une large partie du champ auditif tonal. L'enfant, en cas de réponse positive se tourne vers la source sonore inusitée.

Si le niveau mental le permet, cette réaction fait l'objet d'un *apprentissage extemporané* de la façon suivante : on joue d'un instrument devant l'enfant ; quand on pense que celui-ci l'a entendu on le fait alors résonner derrière lui, l'enfant se retourne s'il le perçoit.

On peut compliquer l'épreuve en recherchant la *capacité de discrimination des timbres* : on joue de divers instruments devant l'enfant. Puis les instruments sont placés derrière lui sur une table. Quand on joue de l'un d'eux, il se retourne et doit choisir celui qui a été utilisé.

On peut enfin observer le *comportement imitatif de l'enfant* vis-à-vis des jouets sonores en particulier des instruments à vent. Le sourd profond ne soufflerait jamais dans un instrument à vent, le son n'éveillant aucun intérêt pour lui. Mais ce comportement est peu précis.

QUANT AUX BRUITS SIGNIFICATIFS ils servent à provoquer une réaction d'orientation. Leur intensité est généralement relativement faible et ils ont l'avantage, dans les cas pathologiques d'enfants indifférents aux sons, d'être ceux auxquels l'enfant a le plus de chance de manifester un intérêt car ils sont chargés de sens par suite d'un conditionnement naturel.

Que peut-on tirer de ces tests ?

Le gros avantage de ces tests réside dans la simplicité du matériel et de la technique d'application. Par ailleurs ils exercent un grand attrait sur l'enfant jeune ce qui facilite les conditions d'examen.

Mais leur inconvénient réside dans le calibrage difficile des paramètres acoustiques et dans l'imprécision des conclusions qu'on tire de cet examen.

En effet on peut dire schématiquement que :

— En cas de surdité très profonde, on n'obtient ni réaction d'orientation, ni réflexe palpébral.

— En cas de surdité partielle, on obtient un réflexe palpébral avec des sons transitoires très intenses, parfois un réflexe d'orientation avec des sons intenses mais pas de réponses aux bruits significatifs.

— En cas d'audition à peu près normale on obtient, en plus d'éventuelles réactions réflexes en réponse aux bruits significatifs.

Mais il faut être prudent dans ces conclusions. En effet, chez le grand arriéré souvent ni les bruits significatifs, ni les jouets sonores, ne provoquent de réaction sauf à très forte intensité où l'on peut voir une réaction musculaire plus ou moins généralisée. De même chez l'enfant atteint de troubles psychiques les jouets sonores et les bruits significatifs peuvent le laisser parfaitement indifférent. Par contre, comme nous l'avons déjà dit, l'aphasique répond souvent bien à ces stimuli quand ils sont d'intensité moyenne, mais les réponses sont entachées d'une certaine irrégularité.

Tous ces tests aux jouets sonores et aux bruits significatifs ont été bien étudiés par I. et A. Ewing. L. Trenque en parle également longuement dans son livre. S. Borel-Maisonny dans les tests qu'elle décrit utilise également les jouets sonores : d'une part comme test d'évaluation grossière de l'acuité auditive et d'autre part comme test de discrimination auditive (discrimination des timbres, fréquence, durée et intensité) enfin comme test d'aptitude à la capacité de symbolisation simple (découverte d'un rapport symbolique son-expression graphique). Signalons enfin que P. Gubérina a décrit également l'utilisation des jouets sonores en filtrant les sons qu'ils produisent sur leur octave dit optimal.

CHAPITRE IV

LA MESURE DE L'AUDITION AVEC LES SONS COMPLEXES VOCAUX

I. — TESTS UTILISANT DES STRUCTURES PHONETIQUES PARTICULIERES

Certains auteurs ont pensé que les stimuli sonores devaient être plus conformes aux sons habituellement entendus de façon à ne pas surprendre l'enfant et à tester la capacité réelle d'audition de l'oreille pour les sons de la parole. Aussi ces auteurs utilisent-ils des sons issus de la parole mais en leur faisant subir une modification portant soit sur l'éventail fréquentiel rétréci par filtrage, c'est la technique de P. Gubérina, soit par un isolement simple des éléments acoustiques phonétiques, c'est la technique de S. Borel-Maisonny.

1° L'audiométrie « Verbo-tonale » de P. GUBERINA

Cette méthode décrite en 1956 par P. Gubérina consiste à tester l'oreille avec un matériel constitué par des voyelles, logatomes et mots filtrés d'une manière déterminée d'une part et avec les mêmes éléments non filtrés d'autre part.

1° Le filtrage du matériel phonétique.

Il a été réalisé avec deux séries de filtres d'octave intriquées l'une dans l'autre et recouvrant un champ acoustique allant de 37,5 c/s à 12800 c/s.

Octave	Série a	Série b
I	37,5 - 75 Hz	50 - 100 Hz
II	75 - 150	100 - 200
III	150 - 300	200 - 400
IV	300 - 600	400 - 800
V	600 - 1200	800 - 1600
VI	1200 - 2400	1600 - 3200
VII	2400 - 4800	3200 - 6400
VIII	4800 - 9600	6400 - 12800

Ces filtres sont interposés entre le préamplificateur et l'amplificateur de puissance d'une chaîne téléphonométrique. Un magnétophone y est annexé. On peut donc faire passer le matériel phonétique soit directement, la voix étant contrôlée au vu-mètre, soit indirectement par bandes magnétiques préalablement enregistrées, à une intensité variable et connue.

2° Pratiquement le matériel phonétique est le suivant.

LOGATOMES FILTRÉS.

moumou Ia	moumou Ib	moumou IIa	moumou IIb	moumou IIIa
boubou IIIb	boubou IVa	vovo IVb	lala Va	lala Vb
titi VIb	chichi VIIa	chichi VIIb	sisi VIIIa	sisi VIIIb
				kiki VIa

VOYELLES FILTRÉES DANS LEURS BANDES OPTIMALES SUIVIES DE MOTS AIGUS.

OU IIIa	O IVb	A Vb	E VIb	I VIIa	THE VIb	CHIEN VIIb	SCIE VIIIa
------------	----------	---------	----------	-----------	------------	---------------	---------------

MOTS FILTRÉS SUR LEURS BANDES OPTIMALES.

OU IIIa	BOUE IIIb	VEAU IVb	PAS Va	QUAI VIa	THE VIb	CHIEN VIIb	SCIE VIIIa
------------	--------------	-------------	-----------	-------------	------------	---------------	---------------

Le même matériel peut être utilisé non filtré. Pour les auteurs la bande optimale est l'octave dans lequel la voyelle ou le mot est perçu *par un sujet entendant normal* avec la meilleure intelligibilité et le maximum d'intensité.

3° Les tests « verbo-tonaux » réalisés avec ce matériel sont les suivants :

a) TESTS DE DÉTECTION. — La courbe de détection est celle obtenue en notant les intensités nécessaires pour permettre au sujet de percevoir le matériel phonétique présenté, simplement comme un bruit. Ce test est réalisé avec les logatomes filtrés dont la série recouvre toute l'étendue du spectre fréquentiel. Puis il est repris avec les mêmes logatomes non filtrés et comparé avec les résultats précédents, ce qui peut donner des indications sur un éventuel « transfert ».

b) TESTS DE DISTINCTION. — La courbe de distinction est obtenue en notant les intensités nécessaires pour que le sujet constate que les sons qu'il entend représentent du langage mais sans pouvoir les comprendre. On utilise d'abord les logatomes filtrés. Puis on peut utiliser les mots filtrés sur leurs bandes optimales pour comparer leur seuil de distinction et leur seuil d'intelligibilité ce qui peut donner une idée d'un éventuel recrutement.

c) TESTS D'INTELLIGIBILITÉ. — La courbe d'intelligibilité est obtenue en notant l'intensité nécessaire pour que le matériel phonétique présenté soit totalement compris. Ce test est pratiqué avec des mots filtrés sur leur octave optimal, également avec les voyelles filtrées sur leur octave optimal.

Puis ce test est repris avec le même matériel non filtré.

De la comparaison des deux, on peut connaître l'existence du « transfert ». Ce « transfert » sera localisé en passant des mots dans des bandes différentes de leur octave optimal et en recherchant la bande assurant la meilleure intelligibilité pour un sujet donné. Chez l'enfant, l'auteur du test conseille l'utilisation d'un matériel phonétique constitué par des sons imitant les cris d'animaux. Ils sont employés filtrés sur l'octave optimal ou sur plusieurs bandes continues ou discontinues ou enfin non filtrés. On aura de la sorte de la même façon que précédem-

ment des courbes de détection, de distinction et d'intelligibilité et la localisation du « transfert ».

Appréciation.

La méthode « Verbo-tonale » a répondu au besoin de suppléer à l'audiométrie tonale apparemment incomplète, par des examens répondant plus à la vocation de l'audition humaine qui est de recevoir la parole. Cependant la mesure d'une fonction physiologique doit se faire avec un des paramètres du message qui la traverse c'est-à-dire qu'on ne peut mesurer à la fois le fonctionnement de l'organe périphérique et le système complexe psycho-physiologique de la symbolisation linguistique. C'est pourtant ce que prétend faire la méthode « Verbo-tonale ».

Le principal reproche qu'on lui puisse faire est de ne pas utiliser un paramètre physiologiquement valable pour la mesure de l'audition, l'interprétation des résultats en est faussée.

Ce que l'auteur appelle « transfert » n'est autre que l'expression d'un système symbolique un peu différent de celui qui est couramment utilisé ; il est illogique de vouloir reporter ce fait sur un graphique acoustique (zones de fréquence et intensité) qui correspond à l'oreille et non au système symbolique.

Sur le plan acoustique d'autre part le fait d'utiliser les sons complexes du langage risque d'entraîner des erreurs par le manque de précision du matériel acoustique. J.-Cl. Lafon en effet a montré par des analyses acoustiques du matériel utilisé que les bandes dites d'octaves contenaient en réalité souvent en plus une expression acoustique nettement marquée dans des octaves éloignés. Il existe donc une possibilité d'identifier les sons émis indépendamment de la zone fréquentielle où l'auteur pense avoir limité le phénomène. En admettant que cette dernière erreur de technique puisse être corrigée il n'en reste pas moins vrai que l'audiogramme « Verbo-tonal » ne présente un intérêt certain que confronté à un audiogramme tonal valable pour voir dans quelle mesure la symbolisation phonétique du sujet testé est ou n'est pas conforme à ce que l'on rencontre statistiquement le plus fréquemment.

Mais il est plus simple d'utiliser pour cela des méthodes verbales qui, ne faisant pas intervenir directement des para-

mètres cochléaires, apportent des renseignements beaucoup plus précis sur les possibilités de symbolisation de l'enfant.

2° L' « Acougramme phonétique » de S. BOREL-MAISONNY

Sous ce terme l'auteur décrit une méthode d'examen du champ auditif au moyen des voyelles et des consonnes : les phonèmes. Ces sons élémentaires prononcés selon des règles définies, sont les individus phonétiques sur la reconnaissance desquels est fondée cette exploration auditive. Une fois perçus par le sujet, ces phonèmes sont rapportés par lui à un symbole graphique et non pas répétés.

1° Technique.

Pour exposer *la technique de cet examen* : nous ne saurions mieux faire que citer l'auteur succinctement :

1° Vérification de la connaissance des graphies simples des voyelles et consonnes prononcées phonétiquement.

2° Emission de chaque phonème durant à peu près une seconde.

3° Entre les phonèmes, intervalles inégaux de temps de l'ordre de une seconde.

4° Emission à voix nue 30 à 40 cm derrière le sujet ou à côté de lui, mais en masquant la face jusqu'aux yeux.

5° Indication par le sujet, sans parler, des graphies correspondantes aux phonèmes.

6° Notation immédiate des résultats, rendus inintelligibles au sujet testé.

7° Emission des phonèmes à intensité déterminée, correspondant pour les voyelles, à voix forte, voix moyenne, pianissimo. Pour les consonnes également, au besoin avec contrôle par appareil de mesure, pour les testeurs non entraînés.

2° Le matériel phonétique.

Les phonèmes et les graphies correspondantes sont variables selon les possibilités de l'enfant.

1° UN DISPOSITIF SIMPLIFIÉ :

Pour les enfants les plus jeunes le nombre des phonèmes utilisés est réduit et les phonèmes sont rapportés à des symboles ou dessins facilement assimilables.

/ch/ est symbolisé par un train.

/s/ est symbolisé par un serpent.

/f/ est symbolisé par un bras de la lettre F qui se développe pendant la durée du souffle.

/z/ est symbolisé par le vol zigzagant d'un moustique.

/v/ est symbolisé par l'envol d'une feuille dans le vent.

/m/ est symbolisé par la vache et son meuglement.

L'apprentissage immédiat des trois formes de voyelles « O » cercle, « I » bâtonnet, « A » bouche ouverte, ne présente pas de difficulté à 4,5 ans d'âge mental. La voyelle /é/ se mime main sur la tête figurant un chapeau.

2° DISPOSITIF HABITUEL :

Utilisé à partir de 5-6 ans dans la mesure où la surdité n'est pas trop profonde, il comporte :

a) LES VOYELLES :

/i/, /ü/, /œ/, /é/, /a/, /o/, /ou/, /an/, /on/, /in/.

Les voyelles ouvertes /è/, /à/, /oe/, /o/, ne figurent pas dans l'acougramme, de même que la nasale /un/ qui est supprimée comme trop proche de /in/.

b) LES CONSONNES : /ch/, /f/, /s/, /j/, /v/, /z/, constrictives sourdes et sonores correspondantes sont facilement prononcées isolément.

/p/, /t/, /k/, /b/, /d/, /g/, occlusives sourdes et sonores difficiles à prononcer isolément sans introduire de voyelles à l'explosion, devront être dites soigneusement.

/m/, /n/, /gn/, les nasales se prononcent assez facilement isolément.

/l/, /y/, /r/, qui se modifient aisément selon le contexte devront être prononcées toujours de même manière. (/l/ comme dans fil, /y/ comme dans rail, /r/ comme dans capre).

3° La notation des résultats se fait sur des tableaux.

1° POUR LES VOYELLES sur un tableau avec présentation horizontale :

ou	o	a	é	ü
œ	on	an	in	i

dans lequel on note + en cas de réponse juste, — en cas de réponse absente, $\leftrightarrow$ en cas de phonème remplaçant.

Ou sur un tableau avec présentation verticale plus lisible

ou							
o			on				
a			an				
é			in				
œ							
ü							
i							

dans lequel
on note +, —,
ou le phonème
de rem-
placement.

2° POUR LES CONSONNES : la notation se fait sur le tableau suivant :

II	m	n	gn	r	v	l
III	f	ch	s			
	v	j	z			
IV	p	t	k			
	b	d	g			

Les flèches $\longleftrightarrow$ $\updownarrow$ indiquant la discrimination :

horizontale entre sourdes

verticale entre sourdes et sonores.

4° La possibilité de tirer des renseignements sur l'état de l'audition.

Elle résulte de la *connaissance du contenu acoustique des phonèmes*.

Tous les phonèmes présentent des caractères essentiels, indispensables à leur identification et à leur différenciation des autres phonèmes, ainsi que des caractères secondaires liés à l'émission, au sexe, à la personne.

La détermination de ces caractères peut être donnée par diverses techniques :

— *Analyse* au moyen d'un analyseur de fréquence (type Pimonow, où les sons tenus provoquent l'ascension d'un spot cathodique à la rencontre du son résonant).

— Passage des phonèmes dans des *séries de filtres* (Siemens) et détermination des bandes de fréquence où ils restent le plus intelligibles.

— Enfin *synthèse des phonèmes* (S. Borel-Maisonny utilise les travaux de Delattre).

S. Borel-Maisonny présente alors dans des tableaux ce qu'elle retient comme caractéristique de la structure acoustique des phonèmes et de leur intelligibilité.

5° Les résultats de « l'acougramme » sur les tableaux de notation.

C'est en fonction de cette structure acoustique retenue comme valable que se lisent les résultats.

On voit en effet que dans les deux tableaux de notation vocalique, les phonèmes sont échelonnés, à peu près, des graves aux aigus. On se rend compte donc dans quelles fréquences se situent les atteintes.

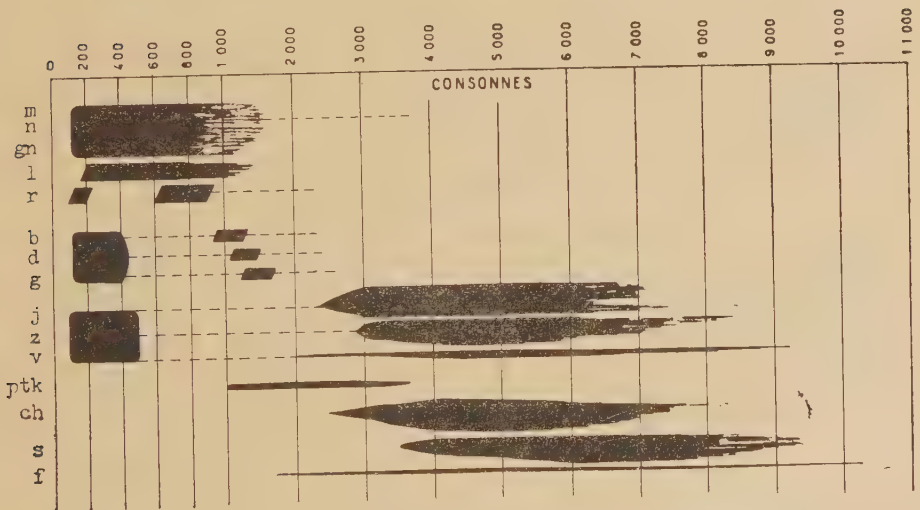
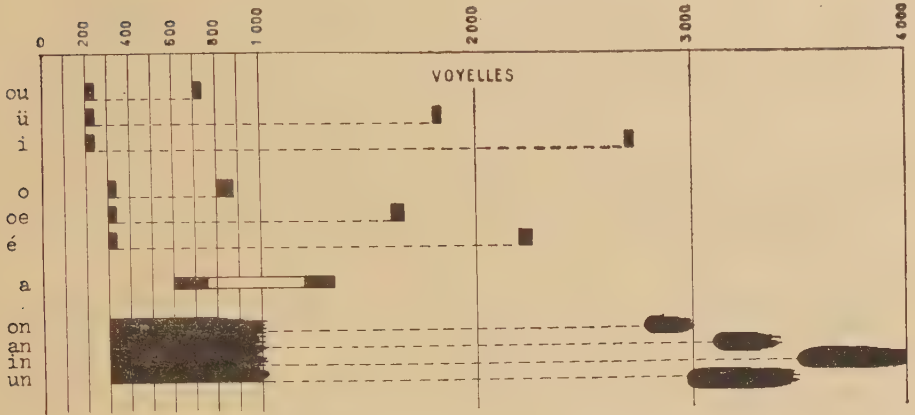
On voit que dans le tableau de notation consonantique :

Le groupe II correspond aux consonnes de bandes graves.

Le groupe III comprend :

f s ch qui se situent grosso modo de 2000 à 10000 ;

v z j qui ont en plus du même spectre, une bande grave correspondant à leur sonorisation.



Le Groupe IV comprend :

p t k qui se situent dans la partie moyenne du spectre ;

b d g qui présentent en plus une partie grave correspondant à leur sonorisation.

6° Limites.

AGE : Il faut que l'enfant soit susceptible par apprentissage antérieur ou immédiat de distinguer les symboles écrits des phonèmes.

NIVEAU DE SURDITÉ : Il faut une capacité d'entendre à voix forte au moins quelques phonèmes, les pertes auditives très graves ne permettant pas d'investigation avec ce test.

7° But de « l'acougramme phonétique » — Ses avantages.

L'auteur indique ainsi les services que peut rendre sa méthode :

1° Faire un pré-audiogramme immédiat en cours d'observation clinique, de manière à se former tout de suite une idée de la surdité et de l'éducabilité du sujet. Quelques minutes suffisent.

2° Aborder certains enfants apeurés par des examens antérieurs et qu'un quelconque appareillage effarouche.

3° Eclairer de quelques lumières des discordances d'audiogrammes qui ont été faits dans des conditions bannissant toute conclusion.

4° Vérifier rapidement l'efficacité d'une prothèse.

5° Résoudre des questions d'ordre psycho-pédagogique telles que l'importance du facteur auditif dans les difficultés d'apprentissage du langage, de la prononciation, de la lecture ou de l'orthographe.

Discussion

1° Un premier problème est celui du **CONTENU ACOUSTIQUE DES PHOMÈNES**. Il existe des divergences entre les caractères retenus par S. Borel-Maisonny dans son tableau et la structure des phonèmes déterminée par les études analytiques faites avec le Sonagraph (J. C. Lafon).

2° Un deuxième problème est celui des FACTEURS ACOUSTIQUES DE L'INTELLIGIBILITÉ DES PHONÈMES.

Le principe de « l'Acougramme » repose sur le postulat suivant non formulé d'une façon explicite : la reconnaissance d'un phonème se fait toujours par tous les individus avec les mêmes éléments de sa forme acoustique. Or la forme acoustique des phonèmes est très complexe, dépassant largement les formants classiques au nombre de deux ou trois que retiennent les phonéticiens pour les voyelles par exemple. Si, chez l'adulte entendant normalement l'intelligibilité ne nécessite que leur perception, il n'est pas certain que ceci se passe de la même façon chez le mal-entendant qui a pu structurer un système phonétique qu'il reconnaît avec des éléments différents. (Ceci est d'ailleurs vu par S. Borel-Maisonny quand elle fait allusion aux zones paradoxales de reconnaissance de certains phonèmes).

3° Des résultats de l'« Acougramme phonétique » on ne peut donc pas inférer avec rigueur la courbe tonale car, de plus, des PHÉNOMÈNES ÉVENTUELS DE DISTORSION SUPRA-LIMINAIRE jouent dans l'audition des phonèmes ce dont il n'a pas été tenu compte dans ce test. Il y a bien une correspondance entre la forme de la courbe tonale et la nature des distorsions, donc, avec les réponses de l'« Acougramme ». Mais cette correspondance connue empiriquement par S. Borel-Maisonny n'est pas indiquée.

4° L'ISOLEMENT ARBITRAIRE DES PHONÈMES, fait de ce test, un test intermédiaire entre une épreuve vocale et une épreuve tonale. Le matériel sonore est en effet constitué *de formes acoustiques complexes issues de la parole par une individualisation en éléments acoustiques correspondant à des entités abstraites, les phonèmes*. Cette individualisation est donc un peu arbitraire.

Ce matériel doit, par ailleurs, être rapporté par le sujet testé à des symboles graphiques constituant un nouveau système symbolique. *On teste donc en fin de compte deux choses à la fois* : l'état d'un appareil acoustique et d'autre part le niveau d'acquisition phonétique ou la capacité de symbolisation phonétique auditive et aussi graphique. Comme chaque individu n'utilise pas forcément les mêmes éléments des structures

acoustiques pour les comparer aux éléments de référence des phonèmes symboliques qu'il a acquis, il s'en suit une certaine imprécision sur l'état de l'appareil auditif dans sa partie acoustique.

5° Ces réserves théoriques étant faites, il faut reconnaître que l' « Acougramme phonétique » est une méthode simple pour avoir une idée des phonèmes connus et entendus par un enfant, et de ce fait un aperçu de son audition tonale. Entre les mains d'un expérimentateur entraîné elle apporte des résultats valables dans les limites que l'auteur a définies.

II. — TESTS UTILISANT LA PAROLE

1° Test de vocalisations

Si l'enfant a un babil, on peut essayer derrière son dos, d'émettre ses propres vocalisations à voix de plus en plus forte. Piaget a observé que le bébé cesse ses vocalisations si un adulte l'imite, car il est surpris et écoute. Ce test n'a évidemment de signification qu'en cas de positivité. On ne peut pas affirmer, s'il s'avère négatif, que l'enfant n'entend pas.

2° Test de nom

Le matériel vocal est constitué par le prénom ou le surnom de l'enfant prononcé par une voix familière (ses parents) ou à défaut par le testeur.

Il sera émis :

— soit directement à voix nue à une certaine distance derrière l'enfant et en mesurant au sonomètre l'intensité produite au niveau de son oreille.

— soit indirectement par le haut-parleur d'une installation téléphonométrique l'enfant ayant le dos tourné. L'intensité d'émission sera alors facilement graduée grâce au potentiomètre du système.

Dans les deux cas on a intérêt à émettre le prénom à intensités croissantes. L'enfant étant installé devant des jouets, on choisit un moment où il paraît peu absorbé par son jeu. On note le niveau où se produit une réaction nette.

La réaction la plus évidente est de voir l'enfant se retourner vers la source sonore. Mais il peut se contenter seulement de lever la tête, ou de manifester des signes d'intérêt. Les changements discrets de physionomie sont d'ailleurs difficiles à interpréter. Il est parfois nécessaire de reprendre le test plusieurs fois pour avoir une certitude sur les réactions obtenues. Il faut dans ce cas attendre un temps suffisant entre chaque essai pour bénéficier à chaque fois de l'effet de surprise nécessaire à la réussite du test, car l'enfant rapidement se désintéresse par habitude.

Valeur du test.

Ce test utilise le matériel vocal qui a le plus de chance d'être reconnu sans apprentissage extemporané par l'enfant, même s'il est très jeune ou sourd assez profond, car c'est celui que les parents prononcent le plus souvent près de lui et à des intensités assez importantes pour être efficaces.

Aussi c'est un test utilisable d'une part chez des enfants très jeunes, à partir d'un an, d'autre part chez des enfants plus âgés quand ils n'ont aucun vocabulaire. Les déficits mentaux moyens ne sont pas une contre-indication.

Résultats.

Les résultats de cette épreuve doivent être interprétés en fonction de la structure acoustique du nom utilisé, mais il ne faut pas oublier qu'une partie seulement des éléments acoustiques émis dans le nom a pu être perçue, et que cette partie seule a pu provoquer les réactions positives de l'enfant. Aussi en cas de réponse positive à un niveau d'intensité déterminé, on peut simplement dire que dans une ou plusieurs zones fréquentielles correspondant aux fréquences formantiques du nom, le seuil tonal se situe à un niveau égal ou meilleur que celui trouvé.

Inversement, en cas de réponses complètement négatives même aux plus fortes intensités (100-110 db), il faut suspecter fortement une surdité profonde. L'absence de réaction peut aussi se voir chez le grand arriéré, chez l'enfant atteint de troubles psychiques. Chez l'aphasique le test de nom donne des réactions inconstantes.

3° Le Test de phrases

Il peut comme le précédent se pratiquer à voix nue en contrôlant le niveau d'intensité émise, mais il est meilleur en cabine téléphonométrique en champ libre ou avec des écouteurs, le calibrage des intensités étant plus exact. Le matériel sonore proposé varie selon les auteurs, de même que les réactions exigées pour le contrôle de sa compréhension.

1° Phrases à répéter.

J.-E. Fournier a construit des phrases que le sujet testé doit répéter. Les cent phrases sont groupées en dix listes de dix phrases. Les séries sont théoriquement équivalentes au point de vue phonétique, linguistique et syntaxique. Leur difficulté est donc voisine. Emises à des intensités diverses, elles permettent l'établissement d'un graphique d'intelligibilité, pourcentage de phrases correctement répétées pour chaque intensité.

Si on s'en tient strictement à ces conditions définies, les résultats obtenus sont témoins d'une intelligibilité très globale mais aussi de la capacité d'expression linguistique. A côté des facteurs strictement moteurs, interviennent des facteurs acoustiques, intégrationnels, gnosiques, psycholinguistiques (mémoriels), praxiques et d'intelligence générale.

Pour un sujet donné, le résultat devra être interprété en fonction de la connaissance éventuelle de ces facteurs par d'autres techniques. S'ils sont tous connus, la comparaison entre les résultats aux tests de phrases et aux tests de mots mono ou dissyllabiques donnera une idée de la capacité de suppléance mentale du sujet lui permettant de suppléer au déficit acoustique. De toute façon, à audition égale, le niveau est meilleur pour les phrases que pour les mots.

Chez un enfant normal, ces listes ne peuvent *pas être utilisées en dessous de 6 ans et demi, 7 ans*, ce qui donne une idée de ce qui pourra être utilisé si un des facteurs de l'intelligibilité est perturbé.

2° Phrases-ordre à exécuter.

Pour l'enfant plus jeune, il faut donc utiliser une méthode où un certain nombre de difficultés soient éliminées. C'est le cas dans le test des phrases conseillé par L. Kantzer, où les facteurs mémoriels, practo-moteurs sont éliminés car la phrase courte est un ordre à exécuter. La connaissance linguistique nécessaire est réduite, il faut par contre une compréhension du sens de l'ordre. L'intelligence de la situation ambiante la facilite d'ailleurs.

Les facteurs auditifs et gnosiques sont testés essentiellement, l'intelligence générale étant testable par ailleurs. L. Kantzer conseille des phrases-ordre adaptées à l'âge :

— *Chez le tout petit.* — L'enfant étant occupé avec des jouets, la phrase-ordre a trait à ce qu'il fait et est prononcée de préférence par la mère. Ex. : donne à maman, pose sur la table.

— *Chez l'enfant plus âgé.* — La phrase est un peu plus compliquée, ou bien on utilise des phrases que l'enfant a toutes chances de connaître pour les avoir entendues à la maison, ou bien on lui fait exécuter des ordres relatifs à sa personne. Ex. : montre-moi tes cheveux, ton manteau, etc...

Avec un tel matériel phonétique relativement restreint il n'est pas question de rechercher autre chose que le *niveau d'intensité* minimum où les phrases-ordre sont exécutées. Ce niveau ne donne qu'une *idée relative* de la perte auditive, mais c'est toutefois une *référence intéressante*.

Le sourd profond ne répond évidemment pas, le demi-sourd y répond plus ou moins bien, chez l'hypoacousique ou l'entendant, l'âge auquel on peut le pratiquer descendra jusqu'à 1 ans 1/2. Les grands arriérés mentaux n'y répondent pas. Les troubles practo-gnosiques ou psychiques peuvent également négativer l'épreuve.

4° Tests de mots

Il existe deux ordres de tests, les uns quantitatifs ne donnant que les pourcentages d'intelligibilité en fonction de l'intensité, les autres qualitatifs essayant de noter d'une part sur quels éléments phonétiques portent les troubles de l'intelligibilité, d'autre part à quel niveau de l'organe auditif se situe ce trouble.

A. — Tests quantitatifs

Ils nécessitent un contrôle véritablement rigoureux du niveau d'intensité. On ne les pratiquera à voix nue qu'en cas d'impossibilité absolue d'utiliser une cabine téléphonométrique ou de refus des écouteurs par l'enfant.

Selon l'âge et les niveaux linguistiques, il y a deux manières de faire, l'une où l'enfant montre des images, l'autre où il répète les mots entendus. Si l'on utilise des écouteurs on aura l'avantage de tester les deux oreilles séparément en prenant la précaution si besoin est d'assourdir la bonne oreille.

a) TEST DE MOTS AVEC INDICATION D'IMAGES.

L'enfant doit ici faire correspondre à la forme phonétique entendue une image visible ou un objet qu'il montre du doigt. Décrit initialement par L. Kantzer, il a été repris par de nombreux auteurs.

En théorie pour qu'un tel test soit valable et puisse aboutir à une courbe d'intelligibilité, il convient que :

— L'enfant ait la connaissance du mot signifiant et de la chose signifiée. D'où la nécessité d'interroger la famille pour savoir les mots et objets correspondants connus de l'enfant. Si le vocabulaire est initialement trop pauvre, on peut confier aux parents des images pour exercer l'enfant à leur identification par le mot déterminé.

— Avec ce matériel phonétique, des listes de mots phonétiquement équilibrés sont établies : composition phonétique semblable d'une liste à l'autre et proportion des phonèmes

voisine de celle de la langue parlée. On peut utiliser des mots monosyllabiques. Les dissyllabiques plus faciles sont préférables. Les listes étant émises à intensité variable, on peut calculer pour chaque niveau un pourcentage de mots reconnus. La courbe ainsi obtenue donne d'une part le niveau moyen de la perte sonore (intensité donnant 50 % de réussite) et par sa forme, d'autre part, une indication éventuelle sur l'existence de distorsions.

En réalité les critères de valeur énoncés ci-dessus sont exceptionnellement réalisés chez l'enfant jeune et à niveau linguistique médiocre car il est impossible de faire suffisamment de listes avec le matériel phonétique dont on dispose et impossible d'équilibrer ces listes extemporanément. On peut se contenter de faire par exemple des listes de 5 mots dissyllabiques. Le choix parmi les images exposées diminuant, le résultat est meilleur.

Dans la plupart des cas on cherche simplement le niveau approximatif où 50 % des mots sont entendus puis celui où 100 % le sont éventuellement, sans chercher du tout à faire une courbe d'intelligibilité. D'ailleurs ces niveaux approximatifs ont un grand intérêt car ils sont malgré tout valables.

Toutes choses égales par ailleurs, le résultat qu'ils donnent est évidemment supérieur à celui obtenu quand l'enfant répète les mots. Le test est accepté plus facilement, car il amuse l'enfant. Il donne des niveaux légèrement inférieurs au test de phrases-ordre, où la suppléance mentale peut jouer davantage. Quand on compare les résultats à la courbe tonale ils sont parfois meilleurs que celle-ci quand les sons purs intéressent peu l'enfant.

Le grand intérêt de ce test réside dans sa simplicité et le fait qu'il est réalisable jusqu'à un âge assez bas : 3 ans, 3 ans 1/2 physiologiquement. Ces limites sont imposées par le degré de surdité : la surdité profonde avec niveau linguistique très bas le rend impraticable. L'hypoacousique, le demi-sourd et même le sourd profond d'installation post-linguistique s'y prête. Les troubles gnosiques graves et de la symbolisation de la série aphasique empêche l'obtention de résultats valables. De même les arriérations mentales et les troubles psychiques graves.

b) TEST DE CHIFFRES AVEC INDICATION DU SYMBOLE GRAPHIQUE.

Voisine de la précédente cette méthode requiert les mêmes critères théoriques de valeur (connaissance des nombres et de leur symbole graphique, équilibrage des listes). Si on veut faire des listes de mots dissyllabiques, correspondant aux nombres, il est tout à fait impossible de les équilibrer phonétiquement, car le matériel phonétique disponible est trop peu abondant. Si néanmoins le sujet a plus de facilité avec les chiffres qu'avec les mots dissyllabiques du test précédent on pourra l'utiliser. Le seuil est à peu près semblable (théoriquement même meilleur). En pratique ce test est peu utilisé.

c) TEST AVEC MOTS DISSYLLABIQUES A RÉPÉTER : TEST D'INTELLIGIBILITÉ.

Quelles que soient les listes de mots utilisées le principe est le même : les mots sont émis par listes de dix à intensité variable, l'enfant doit les répéter immédiatement comme il les entend. A chaque niveau d'intensité le pourcentage de répétitions correctes est porté sur un graphique ce qui permet de tracer une courbe d'intelligibilité. Les critères de valeur d'un tel test sont toujours les mêmes :

— Listes de mots phonétiquement équilibrées, c'est-à-dire que chaque liste doit renfermer des phonèmes en proportion à peu près égale à celle des phonèmes de la langue parlée et que par ailleurs les listes soient d'égale difficulté (mots d'égale disponibilité d'une liste à l'autre).

Les premières listes mises au point en France ont été celles de Fournier. Elles sont bien connues. Mais on peut leur faire deux objections : d'une part elles sont réellement assez mal équilibrées, d'autre part elles sont difficiles pour des enfants. Aussi préférons-nous les LISTES DE MOTS DISSYLLABIQUES DE J.-CL. LAFON. Celles-ci sont phonétiquement équilibrées et plus faciles, ce qui permet de les employer chez des enfants à partir de 5 à 6 ans.

LISTES D'INTELLIGIBILITÉ DE J.-CL. LAFON.

cheval	neveu	genou	repas	velours
parfum	moteur	lundi	milieu	jeudi
sabot	salut	sommeil	sapin	chausson
concert	français	cerceau	sourcil	costume
poussin	ruisseau	buffet	museau	dessin
muguet	début	talon	ballon	balai
noyau	printemps	patron	cadeau	carré
dîner	lilas	mendiant	réveil	fagot
métal	canon	voisin	bouquet	lampion
désert	bijou	rôti	grenier	traîneau
repos	maillot	volcan	renard	devant
cheveu	docteur	refrain	meunier	facteur
tunnel	palais	tailleur	salon	bassin
serpent	dessert	tissu	pinceau	citron
sifflet	buvard	signal	sommier	dossier
cadran	chagrin	soldat	ruban	jumeau
bourgeon	journal	départ	hangar	caillou
métier	filet	boucher	visage	galop
canard	maçon	berger	couteau	prénom
moulin	secours	moineau	billet	poulain

Que teste-t-on avec cette technique ? Non seulement un niveau d'audition mais aussi un niveau linguistique pour ce qui est de l'expression du langage. Les résultats peuvent être perturbés par un trouble moteur articulatoire ou par un retard de langage de cause extra-auditive. Si on veut donc en faire un test d'intelligibilité fonction essentiellement du niveau auditif il faut connaître ces perturbations et ne pas compter comme erreur les modifications des mots qui sont dues à ces causes. Moyennant cette restriction, la courbe d'intelligibilité obtenue avec les listes donne bien une idée globale de la capacité auditive de l'enfant testé avec les réserves que la suppléance mentale peut jouer plus ou moins selon les enfants pour faire reconstituer des mots dont un ou plusieurs phonèmes ne sont pas ou sont mal entendus.

En dehors de cette valeur globale, donc sociale de l'audition, on peut avoir d'autres renseignements déduits de la forme de la courbe d'intelligibilité. Les courbes qui s'infléchissent pour les niveaux d'intensité élevée indiquent l'existence d'une distorsion qui limite d'une façon absolue la compréhension qui ne peut jamais atteindre 100 % et même s'aggrave avec l'augmentation de l'intensité.

B. — Test qualitatif « Le test phonétique » de J.-Cl. LAFON

Sous ce terme générique l'auteur décrit en réalité trois types d'épreuves audiométriques et un test de dépistage.

Le principe fondamental des tests repose sur le fait que dans chaque mot il existe un phonème indispensable à sa reconnaissance dont la suppléance laisse une marge d'erreur suffisante pour faire apparaître, dans une série de mots, des remplacements en cas de mauvaise perception phonétique.

Les mots utilisés, de trois phonèmes, sont choisis en fonction de leur structure phonétique, ils comprennent au moins un, souvent deux phonèmes caractéristiques.

Listes d'audiométrie vocale phonétique (1).

Trois listes de 150 mots chacune sont divisées en séries de 30 mots (soit 90 phonèmes) de telle sorte que dans chaque série tous les phonèmes de la langue française soient représentés au moins une fois par un phonème caractéristique. Elles sont utilisées pour l'étude des déformations phonétiques en fonction du contexte transitionnel et en fonction de l'intensité d'émission.

Chaque série est émise dans des écouteurs à des intensités choisies, en principe toujours à une intensité d'au moins 20 db au-dessus du seuil vocal, soit à une oreille, soit aux deux. Toutes les déformations phonétiques sont notées et leur nombre relevé. On compare ainsi le pourcentage de distorsions suivant l'intensité et le mode d'émission (mono ou bi-auriculaire) ; on connaît d'autre part les phonèmes perturbés et leur mode de remplacement suivant les mêmes critères.

Elles donnent donc un aperçu de la connaissance phonétique de l'enfant, de la difficulté d'identification de certains phonèmes (faible et forte intensités, identification difficile par la position dans le mot) et tracent l'évolution des distorsions avec l'accroissement de l'intensité. Elles apportent des renseignements sur les distorsions provoquées par la cochlée et sur la structure de l'identification phonologique de l'enfant.

LISTE I

bar	patte	rade	mois	béat	a	8
errer	lier	année	buée	louer	é	7
fesse	tête	selle	craie	étais	è	5
tir	fine	pile	acquis	biche	i	6,6
bock	mort	vol	fort	motte	ò	2
saule	faute	gros	rôde	anneau	ó	1,4
buse	bru	puce	bulle	rude	ü	3
pouce	four	trou	boule	souck	ou	3,6
sœur	meule	peur	preux	vieux	æ	7
cran	jante	étang	lion	suant	an	3
monte	tronc	longe	grain	ronde	on	2
brun	teinte	pince	rouille	frein	in	1
maille	veille	faille	lobe	yak	y	0,4
bouée	robe	bacha	ride	bis	b	1
dote	dard	soude	foc	fade	d	3,6
fange	fiche	touffe	dogue	effet	f	1
gland	gomme	langue	sage	lègue	g	0,4
cage	gite	orge	col	beige	l	2
cœur	caisse	tank	lâche	couche	k	4,4
gel	dalle	poule	maine	latte	l	7
amont	thème	mèche	nage	pâme	m	3
nasse	mine	tonne	appas	naïsse	n	3
près	paille	rampe	mare	épée	p	4
rien	rite	sort	noce	race	r	7
sourd	serre	passee	chatte	mousse	s	6
touche	tôle	vite	cave	soute	t	4,4
vanne	voûte	rêve	oser	avis	v	2
seize	gaz	vase	chance	muse	z	0,6
tache	arche	chêne	gagne	choix	ch	0,4
signe	peigne	bagne		ligne	gn	0,2

LISTE II

balle	loi	bras	mate	face
pré	tuer	jouer	aller	happer
nef	selle	vèle	rouet	bec
mille	bise	cil	figue	pris
bol	soc	bord	motte	tord
saule	étai	fausse	rôde	cahot
sur	bulle	cru	jute	rut
mouche	trou	joute	moule	bouse
seul	meule	veule	meurt	aveu
rance	néant	errant	tente	franc
front	ponte	tonie	ronge	héron
crin	alun	airain	feinte	pinte
bille	maille	souille	caille	filie
brin	botte	abbé	beurre	bois
doute	danse	sud	vide	dru
frais	foule	fauve	sauf	vif
gagé	gaule	vague	ligue	ganse
gène	joie	tige	range	neige
cor	coule	cale	pic	sec
louche	pelle	lors	laine	lotte
masse	mien	somme	rime	amas
naine	nouer	natte	sonne	orne
pur	panne	soupe	chape	épais
roule	rente	verre	hareng	roué
sotte	assaut	saue	laisse	soie
tasse	tord	site	atout	tour
gave	vote	rive	sève	bave
mise	chose	chaise	case	thèse
change	sèche	bâche	pêche	riche
saigne	vigne	règne	digne	pagne

LISTE III

état	date	gras	sac	malle
bouée	avé	été	nier	suer
fête	muet	père	allait	raide
bile	gris	site	vide	pire
sol	port	vole	fort	molle
trop	hérald	faute	môle	halo
mule	grue	bûche	suc	mur
bouche	pour	brou	toute	bouc
mieux	veule	seul	peut	preux
fente	menthe	prend	grand	étang
monte	front	anon	ronde	ponce
étain	juin	minté	pince	grain
rail	veille	bille	caille	filie
bonne	bien	tube	bave	bac
dore	doué	lande	code	drap
fil	fane	folle	gaffe	faine
gaine	gale	dague	rogue	bègue
agis	lange	bouge	mage	sauge
croc	cure	élan	roc	manque
lourd	lasse	pâle	mêle	foule
mâche	sème	hameau	chaume	ami
noix	ani	saine	dine	donne
tempe	poche	nappe	coupe	pois
route	crée	tard	mère	rase
souche	sente	soute	chasse	essai
toit	taille	tri	ôter	chatte
ville	voix	saue	rave	fève
phase	rase	pèse	fez	ruse
chien	niche	touche	roche	vache
rogne	agneau	pigne	hargne	teigne

Liste de mesure des distorsions cochléaires (2).

C'est une série de 20 mots tirés des listes précédentes : elle contient des phonèmes préférentiellement déformés en cas de lésions acoustiques cochléaires (recrutement). Mais pour que ces déformations puissent être prises en considération, il est nécessaire que l'enfant ait un bon apprentissage de l'identification. Elle n'est donc utilisable que chez le grand enfant et dans les surdités acquises.

LISTE DE RECRUTEMENT.

mille	gîte	tir
sale	chatte	mate
buée	année	avé
suc	cru	mine
bord	bile	sort
voûte	paille	cil
teinte	happer	faine

Listes de mesure de l'intégration.

Alors que les listes précédentes mesurent les déformations acoustiques et permettent de séparer ce qui n'est pas d'ordre cochléaire, celles-ci au contraire permettent de connaître les difficultés de l'identification phonétique du sujet.

Deux listes de cinquante mots de trois phonèmes présentent la particularité d'avoir une composition phonétique semblable excepté un phonème variable. Toutes les formes possibles de confusion du phonème variable donnent un autre mot qui se trouve également dans la liste. Cette composition particulière permet, en changeant l'ordre de présentation, de répéter à volonté ces listes sans qu'il puisse y avoir de possibilité d'identification du phonème variable par le reste du mot ou par le souvenir du mot déjà entendu.

Chaque liste est émise à 70 db, 90 db puis à 90 db avec 70 db de bruit, puis avec 90 db de bruit. Le nombre de fois où le phonème variable est déformé donne le chiffre de distorsion. Le chiffre obtenu à 70 db, appelé indice est soustrait des chiffres à 90 db, 90 db+70 db de bruit, 90 db+90 db de bruit. L'augmentation de la distorsion à ces différents niveaux révèle les difficultés d'identification phonétique du sujet testé indépendamment du langage, de l'articulation, de la mémoire et de l'état auriculaire.

Elles ne sont utilisables chez l'enfant qu'à partir de six ans ; l'état du canal auditif (audition normale ou surdité), le vocabulaire, la mémoire ne jouent pas plus que les défauts moteurs de reproduction et d'articulation.

L'épreuve de balayage que nous allons voir donne un aperçu de ces difficultés d'identification de façon moins précise mais par contre du fait de la rapidité de l'examen peut être utilisée à partir du moment où l'enfant supporte un casque d'audiométrie.

LISTES D'INTÉGRATION.

R	rèn	O	mol	T	tèl	M	mas
L	lwa	K	kas	F	fwa	R	ras
K	kèl	Z	choz	T	tèn	A	mal
L	lèn	S	swa	M	mèn	N	nas
U	mul	P	pèn	V	vwa	OU	rous
IN	rins	O	ros	G	gèn	M	mwa
B	bwa	CH	chèl	I	mil	N	nèn
F	chof	F	fèn	T	tas	OU	moul
S	sèn	E	mèl	ON	rons	L	las
U	rus	P	pas	P	pwa	D	dwa
K	kwa	AN	rans	S	chos	V	vèn
P	pèle	N	nwa	J	jwa	T	twà
J	jèn	OE	mœl				

B	bil	O	mor	J	raj	V	var
E	mèr	P	pint	G	gar	ON	tont
L	lim	D	dar	CH	chil	CH	chèz
IN	tint	S	sil	CH	char	F	fil
N	nil	T	tar	S	sèz	I	mir
P	par	OU	tout	Y	ray	V	rav
A	tat	Z	raz	P	pont	B	bar
S	ras	A	mar	L	lil	P	pil
J	jar	K	kint	U	mur	R	rar
F	fèz	AN	tant	M	mil	E	tèt
L	lar	N	nim	F	far	M	mim
K	kont	N	nar	V	vil	K	kar
J	jil	OE	mœr				

Liste de balayage (3).

Si l'on veut savoir rapidement s'il existe ou non une distorsion cochléaire et si l'intégration auditive phonétique est perturbée on utilisera la liste dite de balayage. Elle est composée de deux séries de 20 mots. La première série après entraînement

de l'enfant aux écouteurs est émise en bi-auriculaire à 90 db, on compte le nombre de phonèmes déformés. La deuxième liste est ensuite émise à 90 db également mais accompagnée d'un bruit à spectre large d'intensité égale (90 db).

Un enfant de plus de 8 ans et d'audition normale ne fait pas d'erreurs. Des déformations dans la première série et dans la deuxième série peuvent correspondre à des déformations articulatoires, linguistiques ou acoustiques. Une différence nette entre les deux marque une difficulté de compréhension. Dans le premier cas il est nécessaire de faire une audiométrie vocale phonétique, dans le deuxième cas un test d'intégration phonétique.

LISTE DE BALAYAGE.

a.	état	faine	b.	gras	touffe
	happer	craie		année	crin
	mille	masse		gîte	amas
	saule	ânon		môle	natte
	bulle	pris		suc	paille
	amant	ride		lange	rive
	grain	soie		teinte	cil
	tronc	chatte		ronde	tard
	bouée	sève		bois	voûte
	dard	rase		doute	fèz

Les résultats obtenus sont donc de trois ordres.

1° Chez l'enfant sourd les listes 1 et 2 après étude de dépistage renseignent sur les distorsions cochléaires, la connaissance du symbolisme phonétique auditif et les difficultés acoustiques d'identification.

— La liste de balayage renseigne sur l'état de la compréhension par comparaison des chiffres obtenus aux deux séries de mots de la liste.

2° Chez l'enfant entendant on connaît les difficultés d'identification symbolique des phonèmes et la connaissance de ces phonèmes eux-mêmes.

3° Les listes d'intégration renseignent plus précisément sur la fonction d'identification phonétique.

Les renseignements obtenus sont valables à partir de cinq ans ; en dessous de cet âge les réponses dépendent beaucoup de l'émotivité de l'enfant en présence de l'audiomètre, du casque et du testeur.

Ils prennent chez l'enfant à partir de dix ans, âge où l'intégration phonétique a atteint son complet développement, toute leur valeur dans la mise en évidence des perturbations pathologiques de la compréhension phonétique.

CHAPITRE V

INDICATIONS ET VALEUR DIAGNOSTIQUE

Au terme de cette étude analytique des tests audiométriques de l'enfant au cours de laquelle nous avons déterminé la valeur et les limites de chacun d'eux, il est bon d'envisager leurs indications en clinique et de montrer comment ils doivent être choisis en fonction des différentes circonstances et enfin quels renseignements ils sont susceptibles de donner au clinicien ou au rééducateur.

I. — INDICATIONS GENERALES

On connaît assez bien maintenant les différentes catégories de cas cliniques pour lesquels s'impose un examen audiométrique complet. Si l'examen audiométrique était autrefois réservé aux enfants présentant des troubles majeurs dans l'acquisition du langage, telle la mutité plus ou moins complète, actuellement on sait qu'à côté de ces cas où le déficit linguistique est massif, il faut explorer complètement la fonction auditive dans tous les retards du langage parlé d'une part, dans les retards d'acquisition du langage écrit, dans les retards scolaires et enfin dans toutes les catégories de troubles d'expression linguistique d'autre part.

Dans la première catégorie *des mutités complètes ou presque*, les tests audiométriques tiennent la première place pour le diagnostic car la surdité totale ou subtotale est la cause la plus fréquente de ces absences de langage. Exceptionnellement il peut s'agir de grands arriérés mentaux, de troubles psychiques graves, de troubles dysphaso-dysgnosiques.

Dans la deuxième catégorie nous rangerons *les gros retards du langage parlé*. Ces enfants s'expriment par des sons modulés mais dans un langage inintelligible. Les sons élémentaires des phonèmes sont très déformés, certains totalement absents. Les mots sont peu reconnaissables, le vocabulaire pauvre, le rythme est cependant sensiblement celui de la phrase. Cette catégorie est faite essentiellement de sourds assez profonds dont les restes acoustiques sont médiocres, ou de troubles dysphasiques-dysgnosiques. L'examen audiométrique est nécessaire non seulement à titre diagnostique mais aussi pronostique : orientation de la rééducation.

A côté de ces gros retards, beaucoup plus fréquents sont *les retards moyens* avec langage plus ou moins reconnaissable (phonèmes plus ou moins déformés, parfois absents, mots déformés ou amputés, peu nombreux, phrases très rudimentaires). Les troubles peuvent prédominer sur le versant expressif ou sur le versant perceptif-compréhensif. Dans cette catégorie on voit à la fois des demi-surdités, des déficits mentaux, des troubles du type aphaso-agnosique, des troubles psychiques plus ou moins graves, enfin des retards de langage indépendants de ces causes. Ici encore l'examen audiométrique évaluant non seulement la sensibilité de l'organe acoustique mais aussi la capacité d'intégration phonétique, est indispensable car des causes différentes peuvent donner des tableaux cliniques assez semblables.

Dans les autres catégories il s'agit de *troubles peu importants* : ce sont soit des perturbations portant sur certaines parties des mots qui peuvent être amputés, il peut s'agir de troubles portant uniquement sur l'articulation de certains phonèmes, les consonnes généralement, ou bien ce sont de simples difficultés dans l'acquisition du langage écrit (dyslexie-dysorthographe) soit enfin des difficultés scolaires légères souvent étiquetées : inattention, paresse ou débilité...

Dans chacun de ces cas, il peut s'agir d'une hypoacousie plus ou moins marquée selon les fréquences ou d'un trouble de l'intégration phonétique. Aussi un bilan audiométrique complet est-il nécessaire pour diagnostiquer ces cas et les différencier des troubles articulatoires simples, des retards linguistiques de causes extra-auditives, des dyslexies et dysorthographies liées à d'autres troubles de structuration que ceux de la série

auditive, des retards scolaires de causes neuro-psychiatriques. Enfin il existe de nombreux cas complexes où la surdité est associée à des troubles mentaux, psychiques, gnosiques, phasiques. Là encore le bilan audiométrique est nécessaire pour faire la part respective revenant à chacun.

L'examen audiologique est donc absolument indispensable dans tous les cas que nous venons d'envisager. Mais il doit s'intégrer dans un bilan d'ensemble comportant :

1° UNE ENQUÊTE familiale et sociale.

2° UN INTERROGATOIRE sur les antécédents pathologiques : vie fœtale, naissance, première enfance.

Un interrogatoire sur les étapes de la croissance et du développement psycho-moteur.

3° UN EXAMEN PSYCHOLOGIQUE ET NEURO-PSYCHIATRIQUE.

L'évaluation du niveau mental doit être entreprise à l'aide de tests ne faisant pas intervenir le langage, ni dans la présentation des épreuves ni dans leur réalisation par le sujet. Il convient d'avoir à sa disposition une batterie de tests couvrant un éventail d'âge suffisamment large. On peut utiliser :

— le test de S. Borel-Maisonny pour les enfants de 1 an 1/2 à 5 ans 1/2.

— le test de Borelli-Oléron étalonné avec des enfants sourds et utilisable avec des enfants de 5 à 8 ans.

— le test de Matrix 1947, de Raven, de 5 à 10 ans.

— le test de Grace Arthur forme II de 4 ans 1/2 à 15 ans 1/2 (on peut utiliser aussi le test de Nebraska, la partie performance du test de Weschler pour enfants, le test de Goudenough).

Ces tests permettent de préciser l'âge mental de l'enfant ou son quotient intellectuel (Q.I.).

Certains tests ont un intérêt particulier pour dépister plus spécialement *les capacités de structuration spatiale* (cubes de Kohs, épreuve de la figure complexe de Rey, test des pochoirs extrait du Grace Arthur test, test de Bender), et *temporelle* (test de rythme de Stamback).

Cet examen comporte également un bilan neurologique : évaluation des *aptitudes dans le domaine moteur* (étude de la latéralisation) et enfin précise *l'état de l'affectivité*.

Parfois une observation plus complète est nécessaire ainsi que des investigations para-cliniques (E.E.G.).

4° On continue par UNE ÉTUDE DU LANGAGE. Celui-ci doit être examiné d'une façon systématique non pas tant sous l'angle de la richesse du vocabulaire que sous l'angle du niveau linguistique. On peut utiliser le test de S. Borel-Maisonny établi dans ce but. Il permet d'évaluer à la fois un niveau de compréhension et un niveau d'utilisation du langage. On précise de même la connaissance du langage écrit à l'aide de lecture-test et de dictée-test.

5° On termine par UN EXAMEN OTO-RHINO-LARYNGOLOGIQUE : on note l'état du tympan, des conduits auditifs, du nez, du cavum et des trompes d'Eustache, des organes phonatoires et articulatoires (larynx, voile du palais...).

II. — INDICATIONS PARTICULIERES

Une fois reconnue la nécessité de pratiquer un examen audiométrique et une fois réalisé le bilan que nous venons d'envisager, le problème se pose de savoir comment conduire pratiquement l'examen audiométrique et comment l'adapter aux différents cas cliniques.

Il est banal mais important de dire que toujours on cherchera à se placer dans les meilleures conditions de réussite : appareillage en bon état de marche, *entraînement suffisant du testeur*, sujet testé en possession de tous ses moyens psychomoteurs d'où l'importance du cadre, de l'accueil réservé à l'enfant et des qualités psychologiques des testeurs.

D'une façon générale, l'utilisation des tests aux sons purs ou aux sons complexes instrumentaux (jouets sonores et bruits significatifs) est commandée essentiellement par l'âge du sujet si l'on fait abstraction des facteurs pathologiques extra-auditifs.

Quant aux tests utilisant le parole, leur choix dépend avant tout du niveau d'acquisition linguistique.

On doit, pour un âge donné, tester le sujet avec diverses épreuves car *il est capital de confronter leur résultat*. Ceci est

d'autant plus impératif que l'enfant est plus jeune, car chaque épreuve comporte une certaine marge d'imprécision par sa nature même et parce que, en pratique, les erreurs se commettent facilement dans ce domaine si délicat qu'est l'audiométrie de l'enfant. Toute discordance doit inciter à la plus grande prudence et inviter à répéter dans un certain délai les tests de mesure auditive.

1° Selon l'âge

Nous avons groupé sur un tableau les différents tests utilisés en clinique couramment et commodément, et indiqué pour chacun d'eux l'âge limite à partir duquel ils sont praticables. L'âge est indiqué en années.

Chez un enfant de 0 à 2 ans.

On est très limité dans le choix des épreuves. Dans le domaine des sons purs et complexes instrumentaux, on utilise les réactions réflexes généralisées ou cochléo-palbébrales en réponse aux sons purs ou aux sons des jouets à percussion. Ce sont les seules épreuves possibles chez le nourrisson et comme nous l'avons dit les données qu'elles fournissent sont grossières.

A partir de 8 à 9 mois, le réflexe naturel d'orientation-investigation aux jouets sonores harmoniques et aux bruits significatifs ou insolites, commence à être utilisable. Son résultat est un peu plus nuancé.

A partir d'un an on peut parfois y adjoindre le test de nom qui est une utile confrontation avec les précédents. C'est tout au plus vers un an 1/2 qu'on peut espérer employer le R.O.C. avec une relative marge de sécurité. On peut y adjoindre parfois quelques phrases-ordres très simples.

On voit donc que dans cette période les renseignements que l'on peut avoir sur l'audition sont rarement précis, dans la plupart des cas ce sont des estimations assez aléatoires. Quant au psycho-galvanique qui avait suscité les espoirs des cliniciens pour les enfants de cet âge, il est de moins en moins employé en raison des grands risques d'erreurs et de l'inconstance de ses résultats. Peut-être, le chronaxie vestibulaire pourra-t-elle,

dans quelque temps, être utilisée couramment en clinique infantile ; de toute façon il faut savoir qu'elle n'apporte que des résultats imprécis mais moins irréguliers que le réflexe psychogalvanique.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
réfl. cochl. musc. gén.	■								
réfl. cochl. palpébral	■	■	■						
réfl. d'orientation		■	■	■	■				
réfl. d'orient. condit.			■	■					
peep - show				■	■	■	■		
aud. tonale au casque					■	■	■	■	■
test de vocalisation		■	■						
test de nom		■	■						
test de phrases			■	■	■				
test d'images				■	■	■			
test de mots dissyllab.						■	■	■	■
test phonétique						■	■	■	■

A partir de 2 ans et jusqu'à 3 ans.

C'est une période intermédiaire où aux épreuves précédentes toujours utilisables, mais sans plus de précision, vient s'adjoindre la méthode encore nouvelle mais pleine d'avenir du réflexe d'orientation conditionnée (R.O.C.). C'est certainement l'âge où elle peut donner son maximum de précision : l'estimation de l'acuité auditive d'un enfant peut être faite d'une façon valable à 25 db près. C'est évidemment l'audition binaurale qui est testée, mais c'est entièrement suffisant à cet âge pour

éliminer l'intervention d'une surdité profonde dans la pathogénie d'un retard de langage important.

Dans le domaine verbal, au test de nom et de phrase-ordre, on peut parfois commencer à adjoindre, à voix nue ou en cabine téléphonométrique le test d'images avec un très petit nombre de mots connus de l'enfant. Ce test, même s'il est réalisé avec un matériel vocal réduit a une indiscutable valeur de vérification des niveaux obtenus avec le R.O.C.

De 3 à 4 ans 1/2.

C'est la période où le clinicien commence à être pourvu de bons moyens de détection qui présentent toute garantie entre les mains d'expérimentateurs spécialisés donc habitués aux causes d'erreurs expérimentales. C'est l'âge du « peep show box ». Cet examen a rendu déjà et rendra encore d'immenses services dans la mesure où il est pratiqué avec une grande rigueur et où le testeur connaît les cas où la méthode peut être en défaut.

Son inconvénient est évidemment de ne pouvoir pas, dans sa forme classique, déterminer la meilleure oreille. Cet obstacle est levé dès que le sujet testé accepte des écouteurs. On peut alors faire le « peep show » oreille par oreille (c'est rarement possible avant 4 ans) et obtenir des seuils à 10 db près.

Dans le domaine vocal, le test d'image devient facile si le vocabulaire est assez développé. Comme nous venons de le dire, il devient possible en mono-auriculaire dès que l'enfant accepte le casque. Ce dernier test ne peut jamais avoir plus qu'une valeur de confirmation d'un niveau d'audition globale et approximatif. « L'Acougramme phonétique » de S. Borel-Maisonny, dans certains cas, rend des services; il sera confronté avec la courbe tonale.

De 4 ans 1/2 à 5 ans.

C'est seulement à cet âge que devient possible l'audiométrie tonale liminaire au casque; encore faut-il souvent, pour apprivoiser l'enfant, utiliser la technique des cubes ou des jetons plus concrète que de lever le doigt. L'étude de la conduction osseuse devient également possible avec tout l'intérêt qu'elle présente.

En même temps que le port facile du casque à écouteurs, vient aussi l'âge du « Test phonétique » pratiqué à ce moment uniquement avec les listes de balayage (3), l'une sans bruit à 90 db, l'autre avec 70 db de bruit pour une intensité vocale de 90 db.

Au-delà de 5 à 6 ans.

La plupart des épreuves audiométriques précises sont réalisables :

— tonale liminaire aérienne et osseuse ; parfois même quelques épreuves supra-liminaires simples.

— vocale quantitative avec les listes d'intelligibilité pour enfants (mots dissyllabiques de Lafon).

— vocale qualitative avec le « Test phonétique » et ses listes pour le diagnostic des distorsions cochléaires (1), les listes d'intégration (2) n'étant utilisables valablement qu'à partir de 7-8 ans.

2° Selon certaines circonstances pathologiques

Certaines circonstances pathologiques impriment à l'examen audiométrique des particularités dans le choix et l'utilisation des épreuves.

D'une manière générale, chaque fois qu'un enfant éprouve des difficultés avec une épreuve réputée correspondante à son âge, il est indispensable d'en utiliser une d'un niveau d'âge plus bas.

A. — C'EST LE CAS DES ENFANTS PRÉSENTANT DES DÉFICITS MENTAUX dans la mesure où le déficit est moyen. Il suffit de pratiquer les épreuves correspondantes à l'âge mental. C'est également le cas des enfants sourds présentant un léger déficit mental.

Dans le cas d'arriération plus importante, l'enfant est incapable de faire un « peep-show ». On se contente de faire des tests aux vocalisations, aux jouets sonores (orientation-investigation) aux bruits significatifs, au nom et aux phrases-ordre simples.

Chez le grand arriéré enfin, les tests auditifs sont pratiquement impossibles car il ne répond ni à la voix, ni aux jouets sonores, sauf quand le son est violent et déclenche un réflexe cochléo-palpébral. Les bruits significatifs ne l'intéressent pas. Impossible donc de savoir de façon évidente par des tests audiométriques si l'audition du grand arriéré est normale, seule l'observation journalière patiente et critique pourrait dire s'il entend la voix à un niveau normal. Mais le diagnostic d'arriération est facilement porté par l'examen psychologique.

B. — LE CAS DES ENFANTS ATTEINTS DE TROUBLES DYSGNOSIQUES-DYSPHASIQUES est, comme nous l'avons déjà vu, difficile à résoudre.

Les formes mineures ne posent pas de problèmes particuliers. On peut leur appliquer les épreuves tonales et vocales d'une catégorie d'âge un peu inférieure à leur âge réel.

Dans les formes majeures par contre, l'examen audiométrique est très difficile à pratiquer et à interpréter. Pour avoir le plus de chances de réussite, il faut éviter la dispersion de l'attention, simplifier les tests, éviter les stimulations surajoutées donc opérer dans le silence, dans un local non décoré, en tête à tête avec l'enfant.

Les réactions aux stimuli sonores sont très inconstantes et irrégulières. Aussi faut-il tenir compte des réactions qui apparaissent pour les stimuli du niveau sonore le plus bas. On utilise ainsi les jouets sonores et les sons significatifs de faible intensité, car l'enfant réagit très rarement aux sons purs soit présentés isolés, soit avec le « Peep-show », les courbes obtenues pouvant être très fantaisistes.

Les épreuves vocales ont souvent plus d'intérêt : soit le test au nom, soit les vocalisations. On tente au maximum la réalisation de l'« Acougramme » et du « Test phonétique » dans les cas où existe un minimum de langage car l'enfant répète plus volontiers les mots en écho qu'il n'est capable de réaliser un test d'images, ne pouvant pas montrer les objets correspondant aux mots. Au cours des tests vocaux on constate que l'augmentation de l'intensité vocale n'améliore pas les résultats.

Ainsi la difficulté d'interprétation des réponses aux épreuves auditives chez ces enfants dysphaso-dysgnosiques, résultats

surtout frappant par leur incohérence, rend indispensable la mise en œuvre de toutes les ressources que nous possédons pour évaluer un enfant dans son ensemble et une observation patiente et minutieuse de son comportement dans tous les domaines.

C. — L'ENFANT ATTEINT DE TROUBLES CARACTÉRIELS IMPORTANTS.

Chez ces enfants l'examen est long et demande beaucoup de patience mais il n'est pas dans son essence entaché d'erreur.

Un enfant très opposant ou très agité ou très coléreux peut refuser de prendre part à l'examen, il peut se rouler par terre, être rebelle à toute collaboration. Il faut passer beaucoup de temps à l'amadouer et le faire revenir. Dans ces conditions on peut réaliser un test aux jouets sonores ou au nom, puis un test d'images et enfin un « Peep-show » à 4 ans d'âge mental. Ces enfants se fatigant vite, on ne peut souvent pas faire en une fois toute l'exploration auditive. On les reverra un nombre de fois suffisant. Mais l'examen est valable.

D. — L'ENFANT ATTEINT DE TROUBLES PSYCHIATRIQUES.

Il constitue le cas le plus ardu pour l'audiologiste.

Dans les formes majeures, *avec troubles psychotiques* (autisme, schizophrénie infantile, d'après la terminologie de Kanner) les difficultés sont au maximum. En effet ces enfants ont une absence de langage soit primitive soit secondaire ou une activité linguistique très réduite faite de vocalisations sans caractère projectif mais uniquement ludique.

L'évaluation de leur audition se heurte au désintérêt complet à l'égard du monde sonore. Les jouets sonores forts ou faibles, les sons purs quelle que soit leur présentation (isolée ou « Peep-show ») le laissent totalement indifférent et peuvent même ne pas provoquer d'activité réflexe telle que le clignement. L'enfant ne réagit pas non plus à son nom ni aux ordres verbaux les plus simples.

Cette indifférence au monde extérieur s'étend à d'autres domaines qu'au champ auditif. Il s'agit d'un désintérêt envers le monde extérieur en général, personnes et choses. C'est ce trouble de relation avec le monde extérieur qui est l'élément commun typique à toutes les formes qui ont été décrites dans ce chapitre.

L'examen auditif est totalement impossible au cours d'une consultation. Seule une observation minutieuse et prolongée du comportement peut donner des renseignements valables sur le niveau auditif de ces sujets. C'est au cours d'un contact ainsi prolongé qu'on pourra observer des réactions fugitives mais indiscutables à l'occasion de bruits d'intensité faible, de vocalisations imitant celles de l'enfant, de consignes données à voix chuchotée, ce qui surprend l'enfant.

Le diagnostic sera affirmé par l'examen du psychiatre.

A côté de ces cas majeurs, l'enfant peut présenter simplement des troubles névrotiques de type anxiété qui le rendent inhibé et opposant mais non irréductiblement introversé. Le contact est établi par l'intermédiaire d'un membre de la famille en qui l'enfant a confiance. On pratique surtout le test d'images au début car ces enfants ont un petit vocabulaire ; ensuite d'autres tests vocaux deviennent possibles, phrase-ordre, mots à répéter qui permettent de mesurer le seuil vocal. Enfin on peut pratiquer des tests aux sons purs du type « Peep-show » ou au casque. Ces enfants sont donc longs à examiner, les tests demandant la collaboration de la famille, mais les résultats sont valables.

III. — RENSEIGNEMENTS DIAGNOSTIQUES

L'ensemble des examens audiométriques ainsi envisagés, donne au clinicien des renseignements qui lui permettent de faire un diagnostic topographique de l'atteinte auditive et dans la mesure du possible un pronostic impliquant des sanctions thérapeutiques particulières.

L'étude de la forme des courbes aériennes tonales (horizontales, descendantes sur les aigus, sur les graves, en U, en dos de chameau, à encoche) donne seulement des arguments de probabilité sur la localisation de l'atteinte auditive.

La certitude est donnée par *la confrontation de cette courbe aérienne avec l'osseuse*. Compte tenu que celle-ci est un peu plus haute chez l'enfant que chez l'adulte, cette comparaison permet de séparer les lésions de transmission (CO meilleure que CA) des lésions de perception (CA superposée à CO).

Mais seul le test phonétique qualitatif explore le champ vocal et permet de préciser d'une part l'existence et l'importance des *distorsions spatiales cochléaires* accompagnant éventuellement une surdité de perception, d'autre part l'existence et l'importance *des troubles de l'intégration phonétique* rarement lésionnels (surdité centrale) le plus souvent fonctionnels et dans ce cas ou bien associés à une surdité et gênant d'autant l'acquisition du langage ou bien isolés sans surdité tonale et accompagnant souvent un retard linguistique, une dyslexie ou une dysorthographie.

Ces différentes altérations de la fonction auditive ainsi diagnostiquées, ont des incidences pronostiques qui permettent de brosser un certain nombre de tableaux cliniques selon leur répercussion sur l'acquisition du langage, très différente suivant le niveau et l'importance de la lésion. On peut distinguer 3 catégories : les surdités simples, les surdités avec distorsion et les perturbations de la fonction d'intégration.

1° Surdités simples.

Ce sont les perturbations auditives qui n'entraînent pas de trouble de la compréhension pourvu que l'intensité sonore soit suffisante. Seule est perturbée la perception de l'intensité des sons, la hauteur ne subit pas de modifications. La forme acoustique du message est donc conservée et son identification normale si l'énergie est suffisante. L'exemple le plus caractéristique est donné par *les altérations de la fonction acoustique de transmission*. Elle n'entraîne pas de retards notables de l'acquisition du langage sauf quand la perte atteint le niveau de la conversation, c'est-à-dire dans les cas d'imperforations bilatérales des conduits auditifs par exemple. Ces cas sont généralement curables médicalement ou chirurgicalement. En dernier ressort, la prothèse amplificatrice leur est appliquée et la récupération fonctionnelle est excellente car elle compense presque parfaitement l'élévation du seuil tonal. Un petit nombre de surdités de perception portant uniquement sur les sons très aigus ou ayant une faible perte, présente un comportement fonctionnel très semblable.

2° Surdités avec distorsions.

Ici le message acoustique subit non seulement une diminution de son intensité mais sa composition spectrale se modifie, devient floue, imprécise et l'identification des formes acoustiques proches devient difficile sinon impossible. Il s'en suit des confusions qui gênent considérablement la compréhension. Il s'agit le plus souvent de *surdités de perception* dont beaucoup existent avant l'âge linguistique. L'apprentissage de la structure acoustique des phonèmes et la formation du langage se font à partir d'un message considérablement altéré par son passage à travers une cochlée déformante. Aussi à la surdité avec distorsion s'ajoute un retard de développement de l'intégration auditive et du langage. Selon le type de courbe tonale et de distorsion acoustique phonétique, on peut distinguer plusieurs catégories de pronostic et de thérapeutique différentes.

— LES SURDITÉS PRATIQUEMENT TOTALES ont un champ auditif réduit à un îlot de perception sur les sons graves. Ces restes sont insuffisants pour permettre la moindre acquisition phonétique spontanée, mais peuvent être utilisés dans la rééducation de l'enfant sourd pour lui faire percevoir le fondamental laryngé, les durées et rythmes de la parole. Aucune structuration phonétique ne peut y être développée.

— LES SURDITÉS AVEC CONSERVATION DES SONS GRAVES permettent à l'enfant de connaître la voix et ses variétés, d'avoir des éléments parfois presque suffisants pour distinguer convenablement la plupart des voyelles ; mais les consonnes soit du fait de leur timbre (sifflantes) soit de leur courte durée (explosives) sont difficilement identifiables. Ces perturbations auditives sont assez fidèlement traduites par l'expression de ces enfants. Leur parole porte la trace de leurs défauts d'audition.

— LES SURDITÉS AVEC COURBE EN U présentent une perte portant essentiellement sur les fréquences moyennes de la zone conversationnelle alors que les graves et les aigus sont peu perturbés. La parole subit des déformations difficilement systématisables du fait de leur diversité suivant les possibilités de suppléances mentales et visuelles individuelles. Parfois même la surdité est longtemps ignorée, l'enfant passant pour un distrait ou un retardé mental.

— DES VARIÉTÉS INTERMÉDIAIRES EXISTENT : Courbes horizontales, courbes en pente sur les aigus, ou sur les graves, qui peuvent se distinguer plus facilement par les déformations phonétiques. Certaines présentent des distorsions pour les sons aigus avec des confusions vocaliques portant sur les phonèmes à zone formantique aiguë (/i/, /é/, /ü/, /ou/) et les consonnes à spectre de hauteur élevée. D'autres ont des distorsions pour les sons graves entraînant une identification relativement bonne des phonèmes précédents, mais des altérations de certaines voyelles (/a/, /o/, nasales) et des consonnes vocaliques liquides et nasales (/l/, /r/, /m/, /n/).

3° Perturbations de la fonction d'identification des messages acoustiques.

L'oreille moyenne et la cochlée sont normales. Le trouble siège dans les voies auditives centrales. On peut distinguer les altérations lésionnelles et les altérations fonctionnelles.

LES ALTÉRATIONS LÉSIONNELLES des voies auditives varient dans leur aspect suivant le siège de l'atteinte. Les lésions des troncs nerveux ou des noyaux bulbo-protubérantiels auditifs donnent une surdité tonale. Par contre les lésions des voies de projection et des centres n'en donnent pas. Ces deux types différents par l'audiogramme tonal ont une symptomatologie fonctionnelle très proche quant aux troubles d'identification, seule une différence de degré les séparent : plus la lésion est périphérique plus la perturbation fonctionnelle est importante. Il y a de toute façon une discordance entre le niveau de perception de l'intensité sonore et la qualité de la compréhension de la parole, discordance qui peut aller parfois jusqu'à une incompréhension à peu près totale de la parole reçue malgré une audition moyennement altérée.

Lorsque la lésion siège sur les centres corticaux, l'incompréhension peut être associée à des altérations du type aphasique entrant dans le cadre des agnosies constatées chez certains types d'aphasiques. Chez l'enfant plus que chez l'adulte, du fait de la difficulté de l'apprentissage par manque de répétition spontanée, l'aphasie comporte fréquemment un retard de compré-

hension qui est soit d'ordre lésionnel (aphasie de type Wernicke) soit d'ordre fonctionnel (retard d'intégration). Nous ne considérons comme aphasie de l'enfant que les altérations apparues après constitution d'un début de langage.

LES ALTÉRATIONS FONCTIONNELLES sont beaucoup plus fréquentes que les surdités elles-mêmes et se traduisent dans leur forme mineure par un léger retard d'intégration.

Elles se trouvent placées du point de vue nosologique, aux confins des troubles des fonctions auditives et psychologiques et des perturbations psychiatriques. L'intérêt de leur étude auditive résulte de la possibilité que l'on a de mesurer le degré de compréhension de la parole et d'établir un tableau analytique des déformations phonétiques de l'identification.

Ces retards d'intégration auditive se rencontrent systématiquement chez les débiles, fréquemment chez les enfants sujets à des perturbations d'ordre psychiatrique mais ne sont pas exceptionnels chez l'enfant normal, même doué d'une intelligence supérieure à la moyenne.

C'est une des causes principales des retards d'acquisition scolaires en lecture et en orthographe : le schéma symbolique du phonème n'ayant pas été suffisamment précisé par sa structure acoustique entendue, l'enfant a beaucoup de mal à juxtaposer à cet ensemble flou des symboles graphiques. La connaissance auditive mal développée gêne l'acquisition de la langue et de sa symbolisation expressive.

CONCLUSIONS

I. ⁴— Une étude critique des connaissances actuelles dans le domaine de la psycho-physiologie de la fonction auditive nous a permis de dégager quatre critères de valeur de toute méthode d'exploration auditive :

- paramètre correspondant à un aspect unitaire de la connaissance ;
- excellent apprentissage de l'identification de ce paramètre ;
- possibilité d'atteindre et de chiffrer les limites de la reconnaissance ;
- fixité de cette limite chez l'individu normal.

II. — En nous référant à ces critères nous avons montré, en ce qui concerne l'enfant :

— Que les tests utilisant les réflexes inconditionnés provoqués par les sons purs ou complexes, donnent des résultats plus ou moins précis mais sont utilisables dès le plus jeune âge.

— Que les tests utilisant des réflexes conditionnés aux sons purs donnent des résultats beaucoup plus précis :

- Le plus mauvais est indiscutablement le réflexe électrodermal conditionné, de moins en moins pratiqué.

- Le réflexe d'orientation conditionné est une technique valable surtout entre 1 an et demi et 3 ans.

- Le « Peep-show-box » est un examen irremplaçable et de haute valeur à partir de 3 ans et demi.

— Mais il est surpassé par l'audiométrie tonale au casque avec écouteurs, possible dès 4 ans et demi et riche d'enseignement.

— La méthode verbo-tonale de P. Gubérina est de nature hybride, ses résultats imprécis, son intérêt pratique discutable.

— L'acougramme phonétique de S. Borel-Maisonny, par contre, malgré ses bases théoriques discutables, est très commode mais imprécis.

— Les tests verbaux simples (test de nom, de phrases-ordre, d'images) quoique peu précis, rendent de grands services chez le tout jeune enfant.

— Les tests classiques d'intelligibilité ne sont pas d'un intérêt majeur car peu discriminatifs.

— Par contre le test phonétique de J.-C. Lafon est une véritable audiométrie vocale qualitative, utile aussi bien pour le diagnostic topographique, le pronostic que pour l'appareillage prothétique.

III. — Ces tests judicieusement utilisés en pratique clinique selon l'âge ou les circonstances pathologiques, permettent de se faire une idée de l'état de la fonction auditive dans ses différents niveaux : transmission, perception, intégration et d'apprécier l'incidence de ces altérations sur les diverses anomalies linguistiques rencontrées chez l'enfant.

Vu :

Le Doyen,
H. HERMANN.

Vu :

Le Président de la Thèse,
P. MOUNIER-KUHN.

Vu et permis d'imprimer :

Lyon, le 3 Novembre 1961

LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,

P. LOUIS.

BIBLIOGRAPHIE

- AJURIAGUERRA (J. de), DIATKINE (R.) et KALMANSON (D.). — Les troubles du développement du langage au cours des états psychotiques précoces. *La Psychiatrie de l'enfant*, vol. II, fasc. 1, PUF, 1959.
- AJURIAGUERRA (J. de), BOREL-MAISONNY (S.), DIATKINE (R.), NARLIAN (S.) et STAMBACK (M.). — Le groupe des audi-mutités. *La Psychiatrie de l'enfant*, volume I, fasc. 1, PUF, 1958.
- BORDLEY (J.-E.). — An evaluation of the psychogalvanic skin-resistance technic in audiometry. *Laryngoscop.* 66, 1162, 1958.
- BORDLEY (J.-E.) and HARDY (W.-G.). — A study of objective audiometry with the usage of a psychogalvanometric response. *Ann. Otol. Rhino. Laryngo.* 58, 750-759, 1949.
- BORDLEY (J.-E.), HARDY (W.-G.) and RICHTER (C.-P.). — Audiometry with the use of galvanic skin-resistance response. A preliminary report. *John Hopk. Hosp. Bull.* 82, 569, 1948.
- BORDLEY (J.-E.) and HASKINS (H.-L.). — The role of Cerebrum in Hearing. *Annals of otol. rhin. and. laryng.*, 64, 370-382, 1955.
- BOREL-MAISONNY (S.). — Test de niveau mental pour enfants ayant des troubles du langage. *Bul. Soc. Binet.* 371-372, 1946.
- *Nouvelles listes de mots utilisables en audiométrie vocale pour enfants de 2 à 9 ans.* Cahier C.F.A. n° 3. Paris 1954.
- De quelques observations illustrant les difficultés et les aléas de l'examen audiométrique des jeunes enfants. *Journal Français ORL*, 8, 719-743, 1955.
- Nouveau test d'aptitudes pour enfants de 5 ans et demi à 10 ans. Epreuves applicables aux sujets présentant des troubles du langage. *X^e Congrès international de Logopédie et de Phoniatrie.* Barcelone, 3-7 septembre 1956.
- *L'acougramme phonétique.* Cahier de la C.F.A. n° 7. Paris 1961.
- BRUNET (O.) et LÉZINE (I.). — *Le développement psychologique de la première enfance.* PUF, 1951.
- CARMICHAEL (L.). — *Manuel de psychologie de l'enfant.* PUF 1952.
- CAUSSE (R.). — La surdi-mutité. *Actualités O.R.L.* 1949. Arnette, édit., Paris.

- DEBAIN (J.-J.). — Audiométrie objective par réflexes conditionnés basés sur les variations de la résistance cutanée. *Ann. Oto-Laryngologie*, 1949, 66, n° 12, 691-693.
- Surdités de l'enfant. *Encycl. Méd.-Chi. O.P.L.* 20190, C 10-50.
- DIATKINE (R.). — Examen de l'audition et autisme infantile. *Cours d'actualités phoniatriques*. Paris, octobre 1957, in *Jour. Fr. O.R.L.*, 1958, 2, 275-277.
- DIX and HALLPIKE. — The peep-show pure tone audiometry for young children. *British Medical Journal*, 1947, 2719.
- DUBREUIL (H.). — Contribution à l'étude de la méthode verbo-tonale. *Thèse* 1956, Paris.
- DUPON-TERSEN (Y.-R.). — *Le réflexe électro-dermal et son utilisation en audiométrie clinique*. Cahier C.F.A. n° 1, 1953.
- Valeur des tests psycho-galvanique et psycho-voltaïque. *J. F. O.R.L.*, 1958, 1, 43-47.
- EWING (I.-R.) and EWING (A.-W.). — *The handicap of deafness*. Longmans, Green and C°, London, 1938.
- *Speech and the deaf child*., 1954, Manchester United Press.
- FAURE (J.), PORTMAN (M.), PORTMAN (C.) et BRAMERIE (C.). — Sur des méthodes de détermination des seuils d'audibilité et sur le réflexe psycho-galvanique conditionné. *C. R. Soc. Biol., Paris*, 1953, 147, 1080.
- FOURNIER (J.-E.). — *Audiométrie vocale. Les épreuves d'intelligibilité et leurs applications au diagnostic, à l'expertise et à la correction prothétique des surdités*. Maloine, Paris, 1951.
- L'examen de l'enfant soupçonné de surdité. *Exposés Annuels d'O.R.L.*, 1955, 59-77, Masson, Paris.
- Les limites de l'audiométrie infantile. *J. F. O.R.L.*, 1958, 1, 49-53.
- GAUTHIER et BARTHÉLEMY. — Application de l'audiométrie verbo-tonale aux enfants sourds. *J. F. O.R.L.*, 1958, 1, 63-66.
- GOADBY (K.-W.) and GOADBY (H.-K.). — The nervous pathway of the psychogalvanic reflex. *Journ. Physiolog.*, 1949, 109, 177-184.
- GOLDSTEIN (R.), LUDWIG (H.) and NAUNTON (R.). — Difficulty in conditioning galvanic skin response ; its possible significance in clinical audiometry. *Acta oto-laryngologica* 1954, 44, 68-77.
- GREINER (G.-F.), et LAFON (J.-C.). — La valeur de l'audiométrie au test phonétique. *J. F. O.R.L.*, 1958, 1, 75-80.
- GUBÉRINA (P.). — L'audiométrie verbo-tonale. *Revue de Laryngologie*. Bordeaux, 1956, 1-2, 20-58.
- L'audiométrie verbo-tonale et son application. *J. F. O.R.L.*, 1956, 6, 478-497.
- GUIFORD (F.) et OLAF-HAUG. — Diagnostic de la surdité chez le petit enfant. *Arch. of O.R.L.*, 1952, 55-2, 101-106.

- HEUYER, LEIBOVICI, DUBOIS, DIATKINE. — Troubles du langage et surdité incomplète. *Soc. Franc. Pédiatrie*, 20 avril 1948.
- HUIZING (H.-C.), — Paedo-audiologie, its present statuts and future developpement. *Proc. of the Inf. Course in Paedo-Audiologie. Groningen*, 1953.
- KANTZER (L.). — *L'enfant sourd*. Maloine, 1950.
- L'audiométrie vocale dans l'examen des enfants sourds. *Atti del laboratorio di fonetica del Universita di Padova*, 1952, 11, 23-38.
- *L'enfant demi-sourd*, Maloine, 1954.
- KASTEIN (S.) and FOWLER JUN. (E.-P.). — Differentials Diagnosis of communication disorders in Children Referred for Hearing test. *Arch. of oto-laryng.*, 1954, 60, 468-477.
- KENNEDY (H.). — Maturation of Hearing acuity. *Laryngoscope*, 1957, 167, 756-762.
- LAFON (J.-C.). — L'audiométrie vocale qualitative ; listes de mots phonétiquement groupés. *Soc. Biol. Sc.*, 21-1-56, CL n° 2, 1956, 413.
- L'enfant mal-entendant et le retard d'intégration phonétique. *Strasbourg Médical*, novembre 1957.
- *Le test phonétique*. Cahier n° 5 de la C.F.A., Paris 1958.
- Intégration phonétique de l'enfant. *J. F. O.R.L.*, 1959, 8-1, 91-97.
- La reconnaissance phonétique et sa mesure. *Cahiers d'acoustique. Annales des Télécommunications*, tome 15, 1-2, 1960.
- Note sur l'intégration auditive. *J. F. O.R.L.*, 1961, 10-4, 470-478.
- LAFON (J.-C.), EDEL (V.), CHIGHIZOLA (R.) et MOURIQUAND (G.). — Intérêt de la chronaximétrie vestibulaire en otologie. *Lyon Médical*, n° 9, 26 février 1961, 435-442.
- LAUNAY (C.), BOREL-MAISONNY (S.), DUCHÈNE (H.) et DIATKINE (R.). — Les troubles du langage chez l'enfant *Rapport au XII^e Congrès des Pédiatres de Langue Française*, juin 1949.
- MARCUS (R.-E.). — Hearing and speech Problems in children ; observations and use of electroencephalography. *Arch. of otolaryngo.*, 1953, 53, 134-146.
- MARCUS (R.-E.), GIBBS (E.-L.) et GIBBS (F.-A.). — Electroencephalography in the diagnostic of hearing loss in the very young child. *Dis. Nerv-Syst.*, 1949, 10, 170-173.
- MASPETIOL. — L'audiométrie objective au réflexe psycho-galvanique in *La Surdité*, 235-249, Maloine, 1952.
- MASPETIOL, GUGEROT et KORINE. — Audiométrie objective par l'étude du réflexe psycho-galvanique. Indications, appareillage et technique. *Sem. Hop.*, 1951, 73, 2867-2878.
- MILLER. — *Langage et communication*. PUF, 1959.

- MOUNIER-KUHN et LAFON. — Le test phonétique et les troubles auditifs vocaux. *J. F. O.R.L.*, 1957, 6, 8-14.
- MOUNIER-KUHN et PERSILLON. — La pratique du peep-show box. *J. F. O.R.L.*, 1951, 5, 362-367.
- MOUNIER-KUHN, SCHOTT et LAFON. — Du diagnostic des agnosies auditives et des surdités centrales. *Revue d'oto-neuro-ophtalmologie*, 1960, 3, 1-15.
- MYKLEBUST (H.-R.). — *Auditory disorders in Children*. Grune and Stratten. New-York, 1954.
- PAVLOV (Y.). — *Conditionned Reflexs*. Oxford University Press, 1927.
- PIAGET. — *Le langage et la pensée chez l'enfant*. Delachaux et Nestlé, 1930.
- PICHON. — *Le développement psychique de l'enfant*. Masson, 1947.
- PORTMAN (M.) et PORTMAN (C.). — *Précis d'audiométrie clinique*, 2^e éd. Masson et Cie, Paris, 1959.
- SECRÉTAN (J.-P.). — Audiométrie et surdi-mutité. *Practica oto-rhinolaryngologica*, 1952, 14, 4-5, 239-248.
- STATTEN (P.) and WISHART (D.-E.-S.). — Pure tone audiometry in young Children, psychogalvanic-skin resistance and peep-show. *Trans. of amer. otolog. soc.*, 1956, 44, 141-168.
- SUZUKI (T.) and HANAOKA (Y.). — Normal acuity of hearing in young children measured by the peep-show test. *Pract. oto-rhino-laryngolog.* 1958, 20, 243.
- SUZUKI (T.) and OGIBA (Y.). — A technique of pure tone audiometry for children under three years of age. Conditionned orientation reflex (C.O.R.) audiometry. *Revue de Laryngologie, Bordeaux*, 19, 1960, 1-2.
- TRENQUE (L.). — Audiométrie et diagnostic différentiel du retardé du langage. *J. F. O.R.L.*, 1958, 1, 25-42.
- VEIT (P.). — L'audiométrie verbo-tonale. *Communication à la réunion d'information Philips*, 1956, Paris.
- WALLON (H.). — Stades et troubles du développement psychomoteur et mental chez l'enfant. *Thèse Paris*, 1925.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	11
CHAPITRE I. — Rappel psychophysiologique	13
CHAPITRE II. — La mesure de l'audition avec les sons purs	23
Techniques utilisant des réactions apparaissant au niveau des structures auditives	24
Techniques utilisant des réflexes inconditionnés	26
Techniques utilisant les réflexes conditionnés	32
Techniques utilisant la sensation sonore subjective	46
CHAPITRE III. — La mesure de l'audition avec les sons complexes non vocaux	53
CHAPITRE IV. — La mesure de l'audition avec les sons complexes vocaux	57
Tests utilisant des structures phonétiques parti- culières :	
Audiométrie verbo-tonale de P. Bubérina	57
Acougramme phonétique de S. Borel-Maisonny ..	61
Tests utilisant la parole	68
Tests quantitatifs	72
Tests qualitatifs : Test phonétique de J.-Cl. Lafon	76
CHAPITRE V. — Indications et valeur diagnostique	83
CONCLUSIONS	99
BIBLIOGRAPHIE	101

